



Uptc[®]
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia



DISEÑO DE UNA POLÍTICA DE INVENTARIO PARA LOS MEDICAMENTOS EN EL HOSPITAL REGIONAL DE SOGAMOSO E.S.E.

CUBIDES RODRIGUEZ JUAN CAMILO
SUAREZ PIRAGUA CARLOS ALFREDO

2018

DISEÑO DE UNA POLITICA DE INVENTARIO PARA LOS MEDICAMENTOS EN EL
HOSPITAL REGIONAL DE SOGAMOSO E.S.E.

MONOGRAFIA

CUBIDES RODRIGUEZ JUAN CAMILO

SUAREZ PIRAGUA CARLOS ALFREDO

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

INGENIERIA INDUSTRIAL

SOGAMOSO

2018

CUBIDES RODRIGUEZ JUAN CAMILO
SUAREZ PIRAGUA CARLOS ALFREDO

Proyecto para trabajo de grado, modalidad: MONOGRAFIA

Para obtener el título de: INGENIERO INDUSTRIAL

Director: Dr. HUGO FERNANDO CASTRO SILVA

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

INGENIERIA INDUSTRIAL

SOGAMOSO

2018

Nota de Aceptación

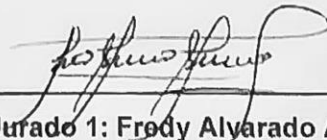


Presidente del Jurado

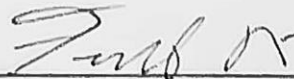


Director

Dr. Hugo Fernando Castro Silva



Jurado 1: Fredy Alvarado Alvarado



Jurado 2: Fernando Rodríguez Fonseca

Tabla de contenido

	Pagina
Tabla de contenido.....	1
Tabla de ilustraciones	6
Listado de tablas	8
1 TITULO	10
2 INTRODUCCION.	11
3 ESCENARIO	13
4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	14
4.1 Descripción del problema.	14
4.2 Formulación del problema.	15
5 OBJETIVOS	16
5.1 Objetivo general	16
5.2 Objetivos específicos.	16
6 JUSTIFICACION	17
7 ALCANCES Y LIMITACIONES	19
7.1 Alcances.....	19
7.2 Limitaciones	19
8 MARCO INSTITUCIONAL	20
8.1 Sobre la institución	20
8.1.1 Misión	20
8.1.2 Visión	20
8.1.3 Principios corporativos	20
8.1.4 Valores	21
9 MARCO LEGAL.....	22

9.1.1	Decreto 2200 de 2005	23
9.1.2	Resolución 1403 de 2007	25
9.1.3	Ley 1751 del 16 de febrero del 2015	28
9.1.4	Política farmacéutica nacional	29
10	MARCO TEORICO.....	30
10.1	Pronósticos.....	30
10.1.1	Definición.....	30
10.1.2	Importancia	30
10.1.3	Pronósticos vs Planeación	31
10.1.4	Características de los pronósticos	32
10.1.5	Causas de imprecisión en los pronósticos:.....	32
10.1.6	Tipos de pronostico	33
10.1.7	Error del pronóstico.	37
10.2	Inventarios.	38
10.2.1	Costos de inventario.....	38
10.2.2	Tipos de inventario.....	40
10.3	Otros factores de importancia.....	42
10.3.1	Tiempo de reposición (“lead time”).....	42
10.3.2	Nivel de servicio.	42
10.3.3	Demanda	42
10.4	Sistema de inventarios	43
10.4.1	Modelo de inventario de periodo único	43
10.4.2	Sistemas de inventario de varios periodos.	44
10.5	Control conjunto de inventarios.	48
10.5.1	Curvas de intercambio.	48

10.5.2	Reabastecimiento conjunto.	48
10.6	Clasificación ABC.....	50
10.6.1	Control de inventarios de ítems clase A.....	50
11	METODOLOGIA.....	51
11.1	Tipo de investigación.....	51
11.2	Fuentes de información	52
12	RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	55
12.1	Métodos y pronósticos actuales	56
12.1.1	Determinación de la demanda.....	56
12.1.2	Inventarios.....	58
12.2	Información general sobre los medicamentos trabajados.....	58
12.3	Demanda, y consumo real de los medicamentos.	59
12.4	Proveedores actuales y potenciales, tiempos de espera y nivel de servicio. ...	60
12.5	Nivel de servicio actual de la farmacia.....	62
13	EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO	63
13.1	Diagnóstico de los métodos actuales	63
13.1.1	Determinación de la demanda.....	63
13.1.2	Inventarios.....	63
13.2	Análisis sobre los costos:.....	64
13.3	Análisis de los niveles de servicio.	64
13.4	Consolidación de la información recolectada.....	65
13.4.1	Información general y demanda.....	65
13.4.2	Tiempos de espera.....	71
13.5	Calculo de los costos	77
13.5.1	Costo del producto.	77

13.5.2	Costo de pedido.....	77
13.5.3	Costo por mantener	81
13.6	Selección de los medicamentos a trabajar.	82
14	DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA.....	83
14.1	Análisis series de tiempo.	83
14.1.1	Determinación de datos atípicos	86
14.2	Pronósticos.....	95
14.3	Análisis de normalidad y homogeneidad de las series de datos.	99
14.3.1	Prueba de normalidad.....	100
14.3.2	Prueba de homogeneidad	101
14.4	Comportamiento de la demanda.	108
14.4.1	Ajuste a distribuciones teóricas.....	109
14.4.2	Determinación de distribuciones empíricas	112
15	DETERMINACION DE LAS EXISTENCIAS DE SEGURIDAD	113
15.1	Simulación de Montecarlo.....	113
15.2	Punto de reorden y nivel de servicio	118
15.3	Calculo de las existencias de seguridad.....	119
16	DISEÑO DE LA POLITICA DE INVENTARIO	124
16.1	Cantidad optima de pedido.....	124
16.2	Tiempos entre pedidos, numero de pedidos, y niveles de inventario	125
16.3	Definición de las políticas de inventario	127
17	ANALISIS DE COSTOS.....	128
17.1	Costo vs nivel de servicio.....	128
17.2	Costo método actual vs costo método propuesto.....	130
18	CONCLUSIONES.....	135

19	RECOMENDACIONES	136
20	BIBLIOGRAFIA	137
21	ANEXOS	139
21.1	Listado de medicamentos a trabajar	139
21.2	Orden de pedido.....	142

Tabla de ilustraciones

	Pagina
Ilustración 3-1 Logo de la entidad	13
Ilustración 10-1 Descomposición de los datos de una serie de tiempo.	34
Ilustración 10-2 Interacción entre los tipos de costos.....	39
Ilustración 10-3 Modelo básico de cantidad de pedido fijo.....	44
Ilustración 10-4 Modelo de inventario de periodo fijo	45
Ilustración 10-5 Diferencia entre el modelo de pedido fijo y periodo fijo	46
Ilustración 10-6 Comparación de los sistemas, pedido fijo vs periodo fijo.....	47
Ilustración 11-1 Proceso cuantitativo	52
Ilustración 13-1 Muestra, serie de tiempo semanal y mensual del consumo.....	69
Ilustración 13-2 Muestra, serie de tiempo trimestral y anual del consumo.	69
Ilustración 13-3 Grafica de puntuaciones normales	75
Ilustración 13-4 Probabilidad de los tiempos de espera	77
Ilustración 14-1 Ejemplo serie de tiempo con tendencia.....	83
Ilustración 14-2 Ejemplo serie de tiempo con datos atípicos	84
Ilustración 14-3 Ejemplos, serie de tiempo datos poco homogéneos	84
Ilustración 14-4 Ejemplo, serie de datos con puntos de cambio.....	85
Ilustración 14-5 Serie de datos original, ejemplo, Insulina Cristalina 100 AMP	86
Ilustración 14-6 Serie de datos sin atípicos, método media-desviación	87
Ilustración 14-7 Eliminación de atípicos usando el método intercuartil	88
Ilustración 14-8 Eliminación de atípicos usando método interpercentil	88
Ilustración 14-9 Valores z obtenidos con Grubbs.....	90
Ilustración 14-10 Serie de datos eliminando atípicos, método Grubbs	90
Ilustración 14-11 Serie de datos original	94
Ilustración 14-12 Serie de datos sin atípicos	94
Ilustración 14-13 Ejemplo, grafica del método Winters, metodo multiplicativo	97
Ilustración 14-14 Formula del MAPE	97
Ilustración 14-15 Formula del MAD	98
Ilustración 14-16 Formula del MSE	98
Ilustración 14-17 Grafica de puntuaciones cuantiles.....	101

Ilustración 14-18 Serie de tiempo con punto de cambio	102
Ilustración 14-19 Punto de corte series: originales y sin atípicos.....	105
Ilustración 14-20 Puntos de corte imputando por la media	105
Ilustración 14-21 Series con mayores cambios al eliminar punto de corte	107
Ilustración 14-22 Serie de datos original (sin atípicos)	108
Ilustración 14-23 Serie original cortada	109
Ilustración 14-24 Serie cortada sin atípicos.....	109
Ilustración 14-25 Ajuste a distribución exponencial	111
Ilustración 14-26 Ajuste a distribución logarítmica normal	111
Ilustración 15-1 Existencias de seguridad, punto de reorden, vs nivel de servicio	122
Ilustración 17-1 Comparación método actual vs métodos propuestos	134
Ilustración 17-2 Distribución de los costos en los diferentes métodos.....	134

Listado de tablas

	Pagina
Tabla 11-1 Metodología	53
Tabla 12-1 Muestra de la lista oficial medicamentos 2018	59
Tabla 12-2 Muestra base de datos ventas.	60
Tabla 12-3 Recepción técnica de medicamentos	61
Tabla 13-1 Información general del medicamento	65
Tabla 13-2 Registro histórico de pedidos	66
Tabla 13-3 Resumen de ventas	67
Tabla 13-4 Resumen de ventas	68
Tabla 13-5 Muestra de la base de datos consolidada.....	71
Tabla 13-6 Resumen ordenes de pedido 2017	72
Tabla 13-7 Comparación ordenes de pedido vs registros de recepcion.....	73
Tabla 13-8 Resultados prueba Shapiro-Wilk y Anderson-Darling.....	74
Tabla 13-9 Distribución empírica tiempos de espera	76
Tabla 13-10 Probabilidad de tiempos de espera	77
Tabla 13-11 Salarios personal de farmacia.....	78
Tabla 13-12 Prestaciones sociales personal de farmacia	79
Tabla 13-13 Costo por minuto, personal de farmacia.....	79
Tabla 13-14 Costo por pedido	80
Tabla 13-15 Promedio de medicamentos por pedido	81
Tabla 14-1 Muestra del cálculo de los limites usando método intercuartil	87
Tabla 14-2 Valores z obtenidos con el método de Grubbs	89
Tabla 14-3 Comparación métodos determinación de atípicos.....	91
Tabla 14-4 Series con cambios notables por atípicos	93
Tabla 14-5 Método de Winters para Diclofenaco 75 MG/3 ML Ampolla	96
Tabla 14-6 Resumen errores de pronostico	99
Tabla 14-7 Resultado Shapiro-Wilk y Anderson Darling	100
Tabla 14-8 Prueba de Pettitt	102
Tabla 14-9 Puntos de corte diferentes	104
Tabla 14-10 Variación series originales y series cortadas.....	106

Tabla 14-11 Prueba de normalidad series cortadas	110
Tabla 14-12 Distribución empírica Trazadona 50 MG Tableta.....	112
Tabla 15-1 Tiempos de espera.....	113
Tabla 15-2 Distribución empírica de la demanda.....	114
Tabla 15-3 Simulación tiempo de espera de una semana	114
Tabla 15-4 Demandas validadas semana 1	115
Tabla 15-5 Simulación tiempo de espera de dos semanas.....	116
Tabla 15-6 Simulación tiempo de espera de 5 semanas	117
Tabla 15-7 Demanda posible	118
Tabla 15-8 Punto de reorden y nivel de servicio	118
Tabla 15-9 Existencias de seguridad según nivel de servicio.....	119
Tabla 15-10 Existencias de seguridad	120
Tabla 15-11 Nivel de servicio vs existencias de seguridad	121
Tabla 15-12 Existencias de seguridad vs nivel de servicio	123
Tabla 16-1 Cantidades económicas de pedido.....	125
Tabla 16-2 Políticas de inventario	126
Tabla 17-1 Formula del costo total de inventario para un medicamento	128
Tabla 17-2 Costo del producto	128
Tabla 17-3 Costo por pedidos.....	129
Tabla 17-4 Costo total por mantener	129
Tabla 17-5 Costo total según nivel de servicio.....	130
Tabla 17-6 Saldo en inventario farmacia.....	131
Tabla 17-7 Resumen método actual	131
Tabla 17-8 Resumen método propuesto	132
Tabla 17-9 Costos método actual	132
Tabla 17-10 Comparación costos, método propuesto vs método actual	133
Tabla 21-1 Muestra orden de pedido	142

1 TITULO

DISEÑO DE UNA POLITICA DE INVENTARIO PARA LOS MEDICAMENTOS EN
EL HOSPITAL REGIONAL DE SOGAMOSO E.S.E.

2 INTRODUCCION.

“Es muy común escuchar a los administradores, gerentes y analistas de logística afirmar que uno de sus principales problemas a los que se deben enfrentar es la administración de los inventarios”, Vidal (2005, p. 1), debido a que, aunque son necesarios para responder a los cambios constantes y aleatorios de la demanda, como también a los tiempos de reposición o reabastecimiento, generan costos, que si no se saben manejar pueden ser excesivos.

Krajewski describe que el desafío real no radica en reducir los inventarios a su mínima expresión para abatir estos costos, ni en tener inventario en exceso para satisfacer toda la demanda, sino en mantener una cantidad adecuada para que la empresa u organización alcance sus prioridades competitivas de la forma más eficiente posible (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008, p. 452). Por lo mismo se le ha dedicado mucho tiempo al estudio de la optimización de los inventarios, la creación de diferentes herramientas y modelos que permitan un control más preciso y eficiente de los mismos. Una buena gestión de los inventarios dentro de una organización le permite una disminución de los costos, un uso mucho más eficiente de los recursos, y una buena prestación de sus servicios que satisfagan las necesidades de sus clientes.

Así también, para el cumplimiento del artículo 156 de la ley 100 (Por la cual se crea el sistema de seguridad social integral y se dictan otras disposiciones), que establece que todos los afiliados al sistema de seguridad social en salud recibirán un plan integral de protección de la salud, que incluye, atención preventiva, médico-quirúrgica y medicamentos esenciales; plan denominado plan obligatorio de salud, POS. Todas las organizaciones que intervienen en este sistema, incluidas las IPS, deberán garantizar la disponibilidad de dichos medicamentos, así como también a asegurar la asistencia y el seguimiento a los pacientes que los requieran; todo teniendo en cuenta el primer principio al que está sujeto el servicio público esencial de seguridad social, la eficiencia, *“la mejor utilización social y económica de los recursos administrativos, técnicos y financieros disponibles para que los beneficios a que da derecho la seguridad social sean prestados en forma adecuada, oportuna y suficiente”*¹

¹ Artículo 2, *Ley 100 de Diciembre del 1993, Por la cual se crea el sistema de seguridad social integral y se dictan otras disposiciones*, 1993

El Hospital Regional de Sogamoso E.S.E (Empresa social del Estado), en su obligación de cumplir con las diferentes normatividades que lo rigen y los principios sobre los que ejerce su función para sus pacientes ve la necesidad de optimizar el uso de los recursos que se le brindan, así como los recursos que genera con las prestaciones de sus diferentes servicios, y encuentra que existe una mejora probable en el manejo de los inventarios de los medicamentos dentro de su farmacia.

En el presente proyecto se diseñará una política que permita dar control al inventario de los medicamentos en la farmacia, ésta determinará las cantidades de medicamentos por orden de pedido, así como la frecuencia con la que se deberán pedir dichos medicamentos, con el propósito de disminuir excesos innecesarios en inventarios, pérdidas por vencimiento; dando un uso más eficiente de los recursos, sin que se vea afectado el nivel de servicio que la entidad emplea, siempre pensando en el bienestar de los pacientes.

De manera que se pretende recolectar la información necesaria para el desarrollo del presente proyecto, se realizara un diagnóstico inicial de como la entidad está manejando actualmente los inventarios de los medicamentos, en busca de puntos críticos que se puedan mejorar, y se realizara un estudio de cómo se comportan demandas de los mismos, posteriormente se diseñara un sistema que permita describir el comportamiento del inventario y finalmente se realizara una comparación entre los métodos actuales y el sistema propuesto, para determinar resultados, sacar conclusiones y finalmente dar recomendaciones.



3 ESCENARIO

El siguiente proyecto se desarrollará en el Área de Farmacia del Hospital Regional de Sogamoso E.S.E.

Información Adicional

Razón Social: **HOSPITAL REGIONAL DE SOGAMOSO (Empresa social del estado)**

Ilustración 3-1 Logo de la entidad



Fuente: Página oficial del Hospital Regional de Sogamoso.

Dirección: **Calle 8 # 11A - 43 Sogamoso, Colombia**

Departamento en el que se realizara el trabajo: **Administración**

Área: **Farmacia.**

4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

4.1 Descripción del problema.

Sin importar el tipo, todas las organizaciones buscan satisfacer las necesidades de sus clientes en la mayor brevedad posible, sin embargo, en muchas ocasiones cuando el cliente se acerca a su proveedor la respuesta es “lo siento no tenemos ese artículo” (Hillier & Lieberman, 2010), esto sucede por la falta de una adecuada administración de los inventarios.

Si una organización, carece de una planeación óptima de los inventarios, asume el riesgo de ofrecer un mal servicio a su cliente, así como lo afirma Vidal (2005, p. 1), “siempre habrá demasiado de lo que no se vende o consume y faltantes de lo que si se vende o consume”, lo cual genera un incremento de costos. Por otra parte, pensar en eliminar los inventarios resulta imposible dado que la demanda y los tiempos de aprovisionamiento son muy variantes, al igual que el tiempo entre el momento que se requiera un producto y el suministro del mismo, como estas causas no se pueden eliminar por completo se hace necesario implementar sistemas de control que optimicen los inventarios de una organización. (Gaither & Frazier, 2000)

Al tratarse de una entidad que vela por la salud y el bienestar de sus pacientes, las consecuencias ante la falta de medicamentos pueden llegar a ser fatal. En entrevistas con el químico farmacéutico del Hospital Regional de Sogamoso E.S.E, persona encargada del manejo de los inventarios de medicamentos en la farmacia, comenta a los autores que para una organización que presta servicios de salud resulta de vital importancia el buen funcionamiento de los sistemas de inventarios, ya que los faltantes de stocks pueden ser la causante de empeorar la condición de salud de un paciente o inclusive hasta la muerte, así como ocurrió en el Hospital de El Tunal, en la capital del país, en donde una mujer embarazada por falta de un medicamento en la entidad falleció,

“Según el organismo, a la mujer, de 34 años –quien sumaba 38 semanas de gestación y que presentaba una preeclampsia severa (complicación médica del embarazo que puede incluir hipertensión arterial, convulsiones y la muerte)– no se le habría suministrado de forma oportuna un medicamento prioritario que se requería para su tratamiento. ¿La razón? El fármaco no se encontraba disponible en la institución.”²

² Tomado de la página oficial del Espectador, www.elespectador.com, del 15 de Julio de 2017

así lo informó El Espectador en su página web. Por otra parte, el proceso de adquisición de medicamentos comprende numerosas fases, desde la planeación de los artículos a comprar, hasta su recepción, también se encuentran involucrados diferentes actores como lo son compradores, distribuidores, fabricantes, entre otros, afirma el químico farmacéutico.

Hasta hace poco en el hospital, aunque los procedimientos se realizaban de una manera empírica, no se contaba con manuales de procedimiento que estandarizaran las tareas de todos y cada uno de los miembros del equipo de trabajo del almacén, sin embargo, a pesar de la reciente realización de dichos manuales de procedimientos para la selección y para la adquisición de medicamentos, se puede profundizar más en el análisis de las variables que pueden interferir a en una compra óptima, como costos por vencimiento, nivel de servicio, tiempos de entrega, calidad de los productos, desempeño de los proveedores entre otros. Las deficiencias en cualquiera de estas variables conducen al despilfarro y a la falta de acceso a los medicamentos necesarios para el buen funcionamiento del hospital.

En busca de evitar acontecimientos como los presentados en el Hospital del Tunal, se podría implementar una política de inventarios que tenga en cuenta esas variables para tomar mejores decisiones que optimicen el uso de los recursos disponibles dentro del Hospital Regional de Sogamoso E.S.E, y aumenten el bienestar y la satisfacción de sus pacientes mediante la disponibilidad oportuna de sus medicamentos.

4.2 Formulación del problema.

¿El diseño de una política de inventarios mejoraría el uso de los recursos frente a los métodos actuales en la farmacia del Hospital Regional de Sogamoso E.S. E.?

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Diseñar una política de inventarios para los medicamentos en la farmacia del Hospital Regional de Sogamoso E.S.E.

5.2 Objetivos específicos.

- Realizar un diagnóstico sobre el manejo actual de los inventarios de medicamentos en la farmacia del Hospital Regional de Sogamoso.
- Determinar el comportamiento de la demanda de cada medicamento.
- Diseñar una política de inventario para los medicamentos.
- Hacer un análisis de costos entre el sistema propuesto, y el manejo actual de los inventarios para determinar resultados.

6 JUSTIFICACION

La administración de inventarios, es decir, la planificación y control de los inventarios para cumplir las prioridades competitivas de la organización, es un motivo importante de preocupación para todos los gerentes de todo tipo de empresas. Krajewski et al. (2008, p. 462).

La atención, promoción, protección, y recuperación de la salud son servicios públicos a cargo del Estado. por lo cual ha creado una reglamentación que vela por prestación de dichos servicios a los habitantes, dicha reglamentación debe ser acogida y cumplida por todas las entidades prestadoras de salud³.

La resolución 1403 de 2007 en su estructura establece un manual de condiciones esenciales y procedimientos del servicio farmacéutico. Dicho manual destaca la importancia del buen funcionamiento del sistema de inventarios en la farmacia de las entidades prestadoras de salud, como puede verificarse en los siguientes numerales de la resolución, los cuales no siguen un orden consecutivo ya que se tomaron aquellos que hacen referencia estricta al caso.⁴

2.3.1 Programación de las necesidades

El servicio farmacéutico o el establecimiento farmacéutico determinará la cantidad de medicamentos y dispositivos médicos que requiere para cierto período, teniendo en cuenta: el perfil epidemiológico de la institución, la población usuaria y/o consumo histórico, comparado con la definición de necesidades determinadas por los servicios y la oferta de servicios y el presupuesto disponible.

2.3.2 Decisión de adquisición

Definida la programación de necesidades, se aplicará la política de compras de la organización, determinando la modalidad de la adquisición, la característica de la negociación, la evaluación de las ofertas y la adjudicación y suscripción del contrato o la contratación directa.

³ Tomado en base al artículo 49 de la Constitución Política de Colombia de 1991.

⁴ Tomado de la Resolución 1403 de 2007.



3.6.3 Control de existencias

El servicio farmacéutico o establecimiento farmacéutico contará con criterios, procedimientos y recursos que permitan calcular las existencias necesarias para un período determinado, fijando los niveles mínimo y máximo de existencias, punto de reposición o punto de pedido y presupuesto necesario para cumplir con la prestación oportuna del servicio. Este requisito es de aplicación opcional por parte de los distribuidores particulares. Se podrán utilizar aquellos indicadores que vayan surgiendo y que permitan realizar un exacto control de existencias.

3.6.4 Control de inventarios

El servicio farmacéutico o establecimiento farmacéutico contará con criterios, procedimientos y recursos que permitan efectuar el control de inventarios. Este control se hará especialmente mediante la evaluación de la rotación de inventario y del conteo físico comparado con el registro de existencias. Se deberá realizar inventario general, pruebas selectivas o inventario rotativo y el inventario permanente. Este requisito es de aplicación opcional por parte de los distribuidores particulares. Se podrán utilizar aquellos indicadores, metodologías o sistemas que vayan surgiendo y que permitan realizar un exacto control de inventarios.

Ahora, la división de compras de la farmacia del Hospital Regional de Sogamoso E.S.E. en aras de la mejora continua de sus procedimientos, busca implementar herramientas que contribuyan al cumplimiento de la legislación y el compromiso con la sociedad. Cabe mencionar que el hospital responde a la necesidad de 24 municipios del departamento.⁵

Por otro lado, la incursión de nuevas herramientas en los procedimientos apoya las funciones de los colaboradores de la entidad, aliviando así su carga laboral y mejorando los resultados a la hora de la toma de decisiones. Por estas razones en este proyecto se pretende generar un sistema de inventarios que con la inclusión de las *variables influyentes y propiamente alimentado* con la información necesaria genere una política que permita una disminución en los costos.

⁵ Información suministrada por la página web oficial del Hospital Regional de Sogamoso www.hospitalsogamoso.gov.co

7 ALCANCES Y LIMITACIONES

7.1 Alcances

El presente proyecto iniciará con el diagnóstico del actual manejo de los inventarios en la farmacia, un análisis a sus registros, antecedentes, y métodos empleados en la toma de decisiones sobre pedidos, stocks de seguridad, y tiempos requeridos para los diferentes procesos que intervienen, y finalizará con el diseño de una política que establezca un valor a las diferentes variables del sistema de inventario, como cantidades de pedido, tipo de revisión, frecuencia de revisión del inventario, tiempos entre pedido, y cantidad de existencias de seguridad, y que le permita a la entidad disminuir sus costos.

7.2 Limitaciones

- Al trabajar con una entidad que presta servicios de salud cuya prioridad es brindar seguridad de atención a sus pacientes, el tiempo que pueden proporcionar para el desarrollo del proyecto es limitado.
- Ya que los sistemas de información en el Hospital aún no están optimizados, muchos de sus registros están en físico, lo cual extiende la labor a digitalizarlos para un mejor tratamiento de los datos.
- Dado que los empleados de la organización muchas veces se encuentran bajo una presión constante, su actitud al recibir a los autores, quizá, dificulte la veracidad de la información que les brinden.
- Por su reciente elaboración, los manuales de procedimientos aún no se han establecido y aplicado en su totalidad, las transiciones de los métodos actuales a los estandarizados podrían afectar el desarrollo del proyecto.
- El proyecto se limitó a los medicamentos que tengan la información necesaria para su estudio.

8 MARCO INSTITUCIONAL

8.1 Sobre la institución⁶

Nombre: *HOSPITAL REGIONAL DE SOGAMOSO E.S.E. (EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO)*

Fundación: *16 de octubre de 1872*

Fundadores: *Vicente Gómez, Benjamín Izasa, Dr. Florencio Briceño.*

Dirección: *Calle 8 # 11A - 43 Sogamoso, Colombia.*

El Hospital Regional de Sogamoso Empresa Social del Estado, es una IPS (Institución Prestadora de Servicios), que principalmente ofrece sus servicios a las provincias de Sugamuxi y la Libertad y es centro de referencia de los puestos de salud y hospitales de 21 municipios del área de influencia.

8.1.1 Misión

Somos una Institución Prestadora de Servicios de Salud de carácter público, de mediana complejidad, con un talento humano idóneo, óptima infraestructura y tecnología, brindando servicios con estándares superiores de calidad, para contribuir al bienestar de nuestros usuarios, sus familias y el medio ambiente con responsabilidad social

8.1.2 Visión

Ser una institución acreditada en la prestación de servicios de salud, con énfasis en programas dirigidos a la mujer y la primera infancia.

8.1.3 Principios corporativos⁷

En la siguiente lista se enuncian los principios corporativos que tiene la entidad:

- *Calidad en prestación del servicio:* Entendida como la satisfacción de necesidades y expectativas de clientes y sus familias.
- *Universalidad.* Definida como la atención a todos los usuarios, sin discriminación de ningún tipo y en todas las etapas de la vida.

⁶ Tomado de la Página oficial del Hospital Regional de Sogamoso E.S.E.
www.hospitalsogamoso.gov.co/index.php/nuestra-institucion

⁷ Tomado de la página oficial del Hospital Regional de Sogamoso, www.hospitalsogamoso.gov.co, 2018



- *Solidaridad.* Entendida como la concentración de todos los esfuerzos, enfocados hacia un mismo fin, reaccionando fraternalmente en las relaciones cotidianas actuando con idoneidad ante las adversidades.
- *Transparencia en la gestión:* Definida como el compromiso institucional en cuanto a la lucha contra la corrupción. Se enmarca dentro del contexto ético y organizativo del Hospital, la cual tiene implícito el principio de publicidad consagrado en la constitución nacional y la obligación de rendir cuentas.
- *Liderazgo.* Entendida como el factor diferenciador de la Entidad en donde a través del conjunto de habilidades tanto gerenciales como propias de la prestación del servicio de salud se fortalece constantemente el buen nombre del Hospital, configurándolo como un ejemplo a seguir.

8.1.4 Valores⁸

El hospital se basa en los siguientes valores para el desarrollo de sus actividades:

- *Respeto por la dignidad humana.* Entendida como el reconocimiento de los derechos universales, el trato digno a las personas contribuyendo a mejorar su calidad de vida.
- *Integridad.* Que se deberá reflejar en todos los actos personales, profesionales con ética, transparencia, pulcritud, honradez, equidad y confiabilidad preservando los principios para la correcta conducta humana respecto de la vida, así como del ambiente en el que pueden darse condiciones aceptables para la misma.
- *Compromiso social.* Es hacer de la mejor manera lo que nos corresponde, con efectividad, calidad y compromiso sin perder de vista el beneficio colectivo de la comunidad a la que servimos y en la cual estamos.
- *Responsabilidad.* Entendida como la obligación y/o capacidad de responder y cumplir cabalmente por los actos propios y en algunos casos de los ajenos, talento humano cumplidor de sus deberes y obligaciones.
- *Equidad.* Facilitamos el desarrollo integral del usuario y su familia mediante la distribución justa e imparcial de los beneficios.

⁸ Tomado de la página oficial del Hospital Regional de Sogamoso, www.hospitalsogamoso.gov.co, 2018

9 MARCO LEGAL

Todo el aspecto legal referente a la salud en todos sus ámbitos se basa en el artículo 49 de la Constitución Política de Colombia de 1991,

“La atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del Estado. Se garantiza a todas las personas el acceso a los servicios de promoción, protección y recuperación de la salud. Corresponde al Estado organizar, dirigir y reglamentar la prestación de servicios de salud a los habitantes y de saneamiento ambiental conforme a los principios de eficiencia, universalidad y solidaridad.”⁹

Todas las leyes, decretos, referentes a la salud están sujetas al cumplimiento de este artículo, y todas las entidades que intervengan deben basarse en el buen uso de los recursos. El Hospital Regional de Sogamoso, como entidad del estado debe optimizar sus recursos disponibles, para una buena prestación de sus servicios.

Por otra parte las acciones o actividades específicamente relacionadas con la parte farmacéutica, almacenamiento, distribución o manipulación de medicamentos en Colombia se ven regidas por: el Decreto 2200 de 28 de junio del 2005; por el cual se reglamenta el servicio farmacéutico y se dictan otras disposiciones, la Resolución 1403 del 2007; Por la cual se determina el Modelo de Gestión del Servicio Farmacéutico, se adopta el Manual de Condiciones Esenciales y Procedimientos y se dictan otras disposiciones; la Ley 1751 del 2015; Por medio de la cual se regula el derecho fundamental a la salud y se dictan otras disposiciones, y finalmente siguen las políticas de la Política Farmacéutica Nacional, del 30 de agosto del 2012, definida por el Ministerio de Salud y Protección Social, el Departamento Nacional de Planeación, el INVIMA, el Ministerio de Comercio Industria y Turismo, el Ministerio de Educación Nacional, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS, el Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA y el Ministerio de Relaciones Exteriores, y aprobada por el Consejo Nacional de Política Económica y Social – CONPES.

⁹ Constitución Política de Colombia, 1991, Artículo 49.

9.1.1 Decreto 2200 de 2005¹⁰

El Decreto 2200 de 2005 reglamenta el servicio farmacéutico y dictan otras disposiciones, y aplica a los prestadores de servicios de salud, incluyendo a los que operen en cualquiera de los regímenes de excepción contemplados en el artículo 279 de la Ley 100 de 1993, a todo establecimiento farmacéutico donde se almacenen, comercialicen, distribuyan o dispensen medicamentos o dispositivos médicos, en relación con el o los procesos para los que esté autorizado y a toda entidad o persona que realice una o más actividades y/o procesos propios del servicio farmacéutico.

Definiciones

Del decreto también se tomarán las siguientes definiciones:

Gestión del servicio farmacéutico. *Es el conjunto de principios, procesos, procedimientos, técnicas y prácticas asistenciales y administrativas esenciales para reducir los principales riesgos causados con el uso innecesario o inadecuado y eventos adversos presentados dentro del uso adecuado de medicamentos, que deben aplicar las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud públicas y privadas, establecimientos farmacéuticos y personas autorizadas, respecto al o los procesos autorizados en la prestación del servicio farmacéutico. Es característica fundamental del modelo de gestión del servicio farmacéutico la efectividad, el principio de colaboración y el compromiso de mejoramiento continuo, y su contenido será básicamente el determinado en el modelo de gestión del servicio farmacéutico, donde se desarrollarán los criterios y requisitos establecidos en este decreto.*

Servicio de información de medicamentos. *Es el conjunto de actividades informativas que hacen parte del servicio farmacéutico de una Institución Prestadora de Servicios de Salud, establecimiento farmacéutico o persona autorizada, que busca la satisfacción de las necesidades específicas de información sobre los medicamentos y su uso adecuado por parte del paciente, el equipo de salud y la comunidad. La información debe estar sustentada en fuentes científicas, actualizadas e independientes.*

Uso adecuado de medicamentos. *Es el proceso continuo, estructurado y diseñado por el Estado, que será desarrollado e implementado por cada institución, y que busca asegurar que los medicamentos sean usados de manera apropiada, segura y efectiva.*

Servicio farmacéutico.

Es el servicio de atención en salud responsable de las actividades, procedimientos e intervenciones de carácter técnico, científico y administrativo, relacionados con los medicamentos y los dispositivos médicos utilizados en la promoción de la salud y la

¹⁰ Decreto 2200 de 2005, por el cual se reglamenta el servicio farmacéutico y se dictan otras disposiciones.



prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de la enfermedad, con el fin de contribuir en forma armónica e integral al mejoramiento de la calidad de vida individual y colectiva.

Una Institución Prestadora de Servicios de Salud, además de distribuir intrahospitalariamente los medicamentos y dispositivos médicos a sus pacientes hospitalizados, en las mismas instalaciones puede dispensar los medicamentos y dispositivos médicos a sus pacientes ambulatorios, en las condiciones establecidas en el modelo de gestión del servicio farmacéutico.

Funciones y Objetivos del servicio farmacéutico:

Dentro de los objetivos del servicio farmacéutico para el presente destaca el siguiente:

3. Suministrar los medicamentos y dispositivos médicos e informar a los pacientes sobre su uso adecuado.

Y dentro de sus funciones destacan:

“1. Planificar, organizar, dirigir, coordinar y controlar los servicios relacionados con los medicamentos y dispositivos médicos ofrecidos a los pacientes y a la comunidad en general.”

“3. Seleccionar, adquirir, decepcionar y almacenar, distribuir y dispensar medicamentos y dispositivos médicos.”

“5. Ofrecer la atención farmacéutica a los pacientes que la requieran.”

“6. Participar en la creación y desarrollo de programas relacionados con los medicamentos y dispositivos médicos, especialmente los programas de farmacovigilancia, uso de antibióticos y uso adecuado de medicamentos.”

“7. Realizar o participar en estudios relacionados con medicamentos y dispositivos médicos, que conlleven el desarrollo de sus objetivos, especialmente aquellos relacionados con la farmacia clínica.”

“9. Desarrollar y aplicar mecanismos para asegurar la conservación de los bienes de la organización y del Estado, así como, el Sistema de Gestión de la Calidad de los procesos, procedimientos y servicios ofrecidos.”

También dentro del decreto se define el Modelo de gestión. (Modificado por el art. 4, Decreto Nacional 2330 de 2006.)

“Créase el modelo de gestión del servicio farmacéutico, como el conjunto esencial de técnicas para la planeación estratégica, el establecimiento de los procedimientos para cada uno de los procesos del servicio farmacéutico y la



construcción de guías para actividades críticas. El modelo de gestión será determinado por el Ministerio de la Protección Social dentro del año siguiente a la publicación del presente decreto.”

Dispensación de medicamentos:

La distribución física de medicamentos estará regulada por las normas técnicas que expida el Ministerio de la Protección Social. El embalaje y/o transporte de productos farmacéuticos forman parte de la distribución intra-hospitalaria o física y deberán ser tenidos en cuenta en el desarrollo del modelo de gestión del servicio farmacéutico.

El servicio farmacéutico deberá determinar el sistema o los sistemas de distribución intrahospitalaria de medicamentos y dispositivos médicos que deban implementarse en la Institución Prestadora de Servicios de Salud, para garantizar la oportunidad, seguridad, eficiencia y calidad de los medicamentos y dispositivos médicos que deban suministrarse a los pacientes.

Información de los medicamentos

El servicio farmacéutico debe ofrecer a los pacientes, al equipo de salud, a las autoridades del Sector y a la comunidad, información oportuna, completa, veraz, independiente, de calidad y sustentada en evidencia científica sobre medicamentos y dispositivos médicos. La información que solicite una persona sobre el uso adecuado de los medicamentos será ofrecida por el director del servicio farmacéutico o establecimiento farmacéutico minorista. El servicio farmacéutico debe contar con fuentes científicas de información y establecer canales ágiles de comunicación con los demás servicios de la institución y centros de información de medicamentos.

9.1.2 Resolución 1403 de 2007¹¹

Manual de Condiciones esenciales y procedimientos del servicio farmacéutico.

Título II, Procedimientos para los procesos del servicio farmacéutico, capítulo I, Actividades de promoción y prevención del servicio Farmacéutico

¹¹ Resolución 1403 del 14 de mayo del 2007, Por la cual se determina el Modelo de Gestión del Servicio Farmacéutico, se adopta el Manual de Condiciones Esenciales y Procedimientos y se dictan otras disposiciones, Ministerio de Protección Social



1. Actividades de promoción y prevención del servicio farmacéutico

1.2 Principales actividades de promoción y prevención

De estas actividades de promoción y prevención del servicio farmacéutico en relación con los medicamentos y dispositivos médicos se tienen en cuenta:

b) La disponibilidad de los medicamentos y dispositivos médicos que necesiten los pacientes

Capítulo II, Procedimientos para los procesos generales

2. Adquisición de medicamentos y dispositivos Médicos

2.3 Procedimiento para la adquisición

El procedimiento para la adquisición de medicamentos y dispositivos médicos se adelantará básicamente siguiendo estos pasos:

2.3.1 Programación de las necesidades

El servicio farmacéutico o el establecimiento farmacéutico determinará la cantidad de medicamentos y dispositivos médicos que requiere para cierto período, teniendo en cuenta: el perfil epidemiológico de la institución, la población usuaria y/o consumo histórico, comparado con la definición de necesidades determinadas por los servicios y la oferta de servicios y el presupuesto disponible.

La programación de necesidades debe cumplir los siguientes pasos:

- a) Definir período de análisis y de proyección de necesidades.*
- b) Cuantificar las necesidades de medicamentos y dispositivos médicos y priorizarlas por nivel de uso en cada servicio.*
- c) Confrontar dichos cálculos con los consumos históricos.*
- d) Analizar las causas que incidieron en la modificación notable de los consumos, después de comparar los literales a) y c).*



e) Ajustar las cantidades definidas por los servicios y programar las cantidades a adquirir, teniendo en cuenta los indicadores de punto de reposición, consumos promedios, niveles mínimos y tiempo de reposición.

f) Definir prioridades, de acuerdo con el presupuesto disponible y al peso económico de cada medicamento dentro del total (Clasificación ABC/VEN de los medicamentos) o cualquier otro método idóneo para tal fin.

g) Definir programas de entregas o momentos proyectados de compra de acuerdo con la modalidad de adquisición, las necesidades y el flujo de caja de la institución. La programación de necesidades será evaluada permanentemente y aprobada por el Comité de Compras.

2.3.2 Decisión de adquisición

Definida la programación de necesidades, se aplicará la política de compras de la organización, determinando la modalidad de la adquisición, la característica de la negociación, la evaluación de las ofertas y la adjudicación y suscripción del contrato o la contratación directa.

El presente proyecto buscara que la política mencionada en el anterior párrafo permita cumplir con el principio de eficiencia de la ley 1761 del 2015, artículo 6.

2.3.3 Prevalencia del conocimiento técnico

El criterio técnico del director del servicio farmacéutico prevalecerá cuando se presenten diferencias de criterios entre el responsable de las compras y el responsable del servicio farmacéutico, respecto a la calidad, recepción y almacenamiento, distribución, uso adecuado, devolución al proveedor por fecha próxima de vencimiento, ofrecimiento, aceptación y/o rechazo de donaciones, destrucción o desnaturalización de medicamentos y dispositivos médicos.

Una vez diseñado el sistema, se obtendrá como resultado una política, dicha información quedará en manos de la entidad.

3. Recepción y almacenamiento de medicamentos y dispositivos médicos.



3.6.3 Control de existencias *El servicio farmacéutico o establecimiento farmacéutico contará con criterios, procedimientos y recursos que permitan calcular las existencias necesarias para un período determinado, fijando los niveles mínimo y máximo de existencias, punto de reposición o punto de pedido y presupuesto necesario para cumplir con la prestación oportuna del servicio. Este requisito es de aplicación opcional por parte de los distribuidores particulares. Se podrán utilizar aquellos indicadores que vayan surgiendo y que permitan realizar un exacto control de existencias.*

3.6.4 Control de inventarios *El servicio farmacéutico o establecimiento farmacéutico contará con criterios, procedimientos y recursos que permitan efectuar el control de inventarios. Este control se hará especialmente mediante la evaluación de la rotación de inventario y del conteo físico comparado con el registro de existencias. Se deberá realizar inventario general, pruebas selectivas o inventario rotativo y el inventario permanente. Este requisito es de aplicación opcional por parte de los distribuidores particulares. Se podrán utilizar aquellos indicadores, metodologías o sistemas que vayan surgiendo y que permitan realizar un exacto control de inventarios.*

9.1.3 Ley 1751 del 16 de febrero del 2015¹²

Esta ley regula el derecho fundamental a la salud en el país, y para la ejecución del presente proyecto se tendrá en cuenta lo siguiente:

Dentro de los elementos y principios del derecho fundamental a la salud, (artículo 6) destacan:

- a) *Disponibilidad, “el estado deberá garantizar la existencia de servicios y tecnologías e instituciones de salud, ...”*
- c) *Accesibilidad, “los servicios y tecnologías de salud deben ser accesibles a todos, ...”*

Igualmente expresa que el derecho fundamental a la salud comporta los siguientes principios:

- e) *Oportunidad, La prestación de los servicios y tecnologías de salud deben proveerse sin dilaciones.*

¹² Ley 1751 del 16 de febrero del 2015, Por medio de la cual se regula el derecho fundamental a la Salud y se dictan otras disposiciones, Congreso de la republica



- k) *Eficiencia, El sistema de salud debe procurar por la mejor utilización social y económica de los recursos, servicios y tecnologías disponibles para garantizar el derecho a la salud de toda la población.*

El artículo 10 de la ley establece los derechos y deberes de las personas, relacionados con la prestación del servicio de la salud. Y destacan para el proyecto:

- a) *A acceder a los servicios y tecnologías de salud, que le garanticen una atención integral, oportuna y de alta calidad;*
- i) *A la provisión y acceso oportuno a las tecnologías y a los medicamentos requeridos.*

9.1.4 Política farmacéutica nacional¹³

Dentro del documento de la política farmacéutica nacional, capítulo 4, diagnóstico, describen cuáles son las principales causas de la problemática actual de la situación farmacéutica nacional, y como estos tienen como consecuencia el acceso inequitativo a los medicamentos y la deficiente calidad de la atención.

Enuncian las siguientes cinco causas como las principales:

1. *Uso inadecuado e irracional de los medicamentos y deficiente calidad de atención.*
2. *Uso ineficiente de los recursos financieros de la salud e inequidades en el acceso a los medicamentos*
3. *Oferta, suministro y disponibilidad insuficiente de medicamentos esenciales.*
4. *Ausencia de transparencia, baja calidad de la información y escaso monitoreo del mercado farmacéutico.*
5. *Debilidades en la rectoría y en la vigilancia*

Un sistema de inventarios permitiría contribuir a la solución al segundo principal problema, y a su vez cumplir con el objetivo central de la Política:

“Contribuir al logro de los resultados en salud de la población colombiana a través del acceso equitativo a medicamentos efectivos y la prestación de servicios farmacéuticos de calidad, bajo el principio de corresponsabilidad de los sectores y agentes que inciden en su cumplimiento”

¹³ Política Farmacéutica Nacional, Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2012

10 MARCO TEORICO

10.1 Pronósticos

10.1.1 Definición

Determinar qué pasará en el futuro con el fin de tomar decisiones adecuadas es un problema que se presenta con mucha frecuencia, no sólo en la vida personal, sino también en el mundo de la industria y los negocios. Una característica invariable del ser humano, es su afán por anticipar el futuro, poder conocer lo que sucederá, tener más certeza de los eventos futuros, para tener más seguridad en la toma de buenas decisiones (Hanke & Reitsch, 1996, p. 2). Se usa el término pronosticar para hacer referencia a un método específico, en lugar de la simple adivinanza, para predecir dichos eventos.(Sipper & Bulfin, 1998, p. 96)

“La preparación de pronósticos es el arte y la ciencia de predecir eventos futuros”.(Schroeder, Goldstein, & Rungtusanatham, 2011, p. 237). En una organización prestadora de servicios, productora, o comercializadora de bienes, pronosticar es el proceso de elaborar la visión más probable de lo que será la demanda futura, dado un conjunto de suposiciones sobre la tecnología, los competidores, los precios, marketing, los gastos, entre otros (Krajewski et al., 2008, p. 521). El pronóstico puede ser una predicción subjetiva o intuitiva del futuro, o puede englobar una combinación de éstas; es decir, un modelo matemático ajustado por las buenas opiniones de los directivos (Heizer & Render, 2007, p. 133).

10.1.2 Importancia

En una empresa que comercializa productos, o sea que compra a un número de proveedores y vende el mismo producto a una población de clientes, se hace fundamental pronosticar la demanda que dichos clientes van a generar. (Vidal, 2005, p. 33)“Las decisiones sobre cuánto y cuándo se debe adquirir siguen lógicamente a la especificación de lo que se necesita”, se debe comprar tanto como se necesita justo cuando se necesite, pero existen muchos factores que intervienen en la toma de decisiones, entre ellos los pronósticos (P. F. Johnson, Leenders, & Flynn, 2012, p. 171).

En los sistemas de producción controlados por el mercado de la actualidad, los pronósticos son más importantes que nunca. Tanto la recompensa por un buen pronóstico como la penalización por uno malo pueden ser bastante altas.(Sipper & Bulfin, 1998, p. 96).



Si una organización prevé de manera incorrecta la cantidad de productos que venderá en un futuro, pueden ocurrir dos posibles situaciones, que la demanda pronosticada quede muy por encima de la demanda real, lo que le llevara a sobre costos en inventario, (Heizer & Render, 2007, p. 133) o incluso a la pérdida de los productos; por el contrario, si la demanda pronosticada queda muy por debajo de la demanda real perderá muchas ventas potenciales, y creará una insatisfacción a sus clientes. Heizer y Render argumentan la importancia de los pronósticos así:

El sistema de pronósticos es fundamental para el cumplimiento de los objetivos de la organización y para el mejoramiento de su competitividad, ya que, de no tomar las decisiones correctas, se puede caer en extremos como el deficiente servicio al cliente, el exceso de inventarios o, peor aún, ambos factores en forma simultánea cuando se cuenta con inventarios desbalanceados. (Heizer & Render, 2007, p. 133)

10.1.3 Pronósticos vs Planeación

Todas las organizaciones operan bajo una constante incertidumbre, y a pesar de esto deben tomar decisiones que afectaran significativamente el futuro de la organización, los pronósticos se vuelven esenciales para tomar dichas decisiones (Chopra & Meindl, 2008, p. 187). El pronóstico se convierte entonces en la base de la planificación corporativa de largo plazo (Chase & Jacobs, 2014, p. 484).

Pronosticar no es lo mismo que planear, el primero trata de aquello que se piensa sucederá en un futuro, mientras que el segundo trata sobre aquello que debería pasar en el futuro, (Schroeder, et al., 2011, pág. 239), de manera que con la planeación se pretende alterar de manera consciente los eventos futuros, mientras que con los pronósticos solo se pretende predecirlos. Los pronósticos se convierten en un insumo más para la planeación. Norman y Frazier expresan que:

Es imperativo que las empresas tengan enfoques eficaces de pronóstico y que el pronóstico forme parte integral de la planeación empresarial. Cuando los gerentes planean, determinan los cursos de acción que tomarán en el Futuro. Por lo tanto, el primer paso en la planeación es el pronóstico, es decir, estimar la demanda futura de productos y servicios y los recursos necesarios para producirlos. (Gaither & Frazier, 2000, p. 59)

De manera que un pronóstico es una predicción de acontecimientos futuros que se utiliza con propósitos de planificación. La planificación, por otro lado, es el proceso de tomar decisiones

administrativas acerca de cómo utilizar los recursos para responder mejor a los pronósticos de la demanda (Krajewski et al., 2008, p. 521).

10.1.4 Características de los pronósticos

- Los pronósticos siempre están equivocados y, por tanto, deben incluir tanto el valor esperado del pronóstico como una medida de error del mismo. (Chopra & Meindl, 2008, p. 188). Esto puede ser mediante un rango, o una medición de error como sería la variación de la distribución del error de pronóstico. (Nahmias, 2007, p. 55)
- Entre más lejano sea el horizonte de pronóstico, menos exacta será la predicción. (Nahmias, 2007, p. 55) Los pronósticos a largo plazo son menos precisos que los de corto plazo; ello se debe a que los primeros tienen una desviación estándar mayor con relación a la media que los segundos. (Chopra & Meindl, 2008, p. 188).
- Los pronósticos agregados en general son más precisos que los desagregados, ya que tienden a tener una desviación estándar menor del error con relación a la media. (Chopra & Meindl, 2008, p. 188)
- En general, mientras más arriba en la cadena esté una compañía (o más lejos del consumidor), mayor será la distorsión de la información que recibe.

10.1.5 Causas de imprecisión en los pronósticos:

Las siguientes son las principales causas por las que de un pronóstico no se obtienen los resultados esperados: (Vidal, 2005, p. 37)

- Utilización de datos poco confiables. los resultados de cualquier modelo por sofisticado que sea dependen de la información que se le suministre.
- Utilización de datos de ventas en lugar de datos de demanda real.
- Sesgos en los pronósticos. Un sesgo consiste en que el pronóstico es consistentemente superior o inferior a la demanda real en varios períodos consecutivos. Esto indica claramente que se está sobrestimando o subestimando la demanda.
- Velocidad de respuesta al cambio. Cualquier sistema real presenta variaciones aleatorias en sus variables. Estas variaciones normalmente no pueden predecirse y en muchas ocasiones causan una reacción exagerada del sistema de pronósticos o de la administración del mismo.



- Comportamiento de los proveedores. Siempre deberá tenerse en cuenta la eficiencia y eficacia de los proveedores para el correcto manejo de un sistema de inventarios.
- Inclusión de datos atípicos de demanda en el pronóstico. Frecuentemente la demanda presenta picos, especialmente por encima de lo normal. Si estos ‘picos’ de demanda son puntuales y aislados, no deberían incluirse en el sistema normal de pronósticos, ya que tienden a distorsionar futuras predicciones y la variabilidad de la demanda.
- Selección del período del pronóstico. La teoría sugiere seleccionar períodos de pronóstico lo más pequeños posible, ya que se espera que la variabilidad decrezca a medida que decrece el tamaño de este período.

10.1.6 Tipos de pronóstico

10.1.6.1 Cualitativos

Los métodos cualitativos son principalmente subjetivos y se apoyan en el juicio humano. (Chopra & Meindl, 2008, p. 190) Los métodos cualitativos de pronóstico se basan en el criterio administrativo y no usan modelos específicos, son de utilidad cuando existe una falta de datos o cuando los datos históricos no son instrumentos de predicción confiables del futuro. (Schroeder et al., 2011, p. 240)

Dentro de este tipo de pronósticos destacan (Ipinza, 2004, p. 112):

- Método Delphi. Consiste en interrogar a un grupo de expertos mediante cuestionarios sucesivos, de modo que las respuestas a uno de los cuestionarios se utilizan para elaborar el siguiente. Las respuestas anónimas del grupo retroalimentan en cada ronda a todos los participantes. Pueden usarse entre tres y seis rondas para lograr un consenso acerca del pronóstico
- Investigación de mercados. Es un procedimiento sistemático, formal y razonado para desarrollar y comprobar hipótesis acerca de las condiciones de mercado existentes.
- Consenso de grupo. Se basa en el supuesto de que varios expertos pueden obtener una previsión mejor que una sola persona.
- Previsión imaginativa. También conocida como juicio informado; por medio de ella el pronóstico se basa en experiencias, intuiciones y juicios personales y, de ser posible, en hechos relacionados con los diversos panoramas del futuro.

- Analogía histórica. Consiste en un estudio comparativo de la introducción y del crecimiento de productos nuevos similares, lo que fundamenta la previsión de pautas de semejanza. Analogía de los ciclos de vida, predicción basada en la fase de introducción, crecimiento y saturación de productos similares.

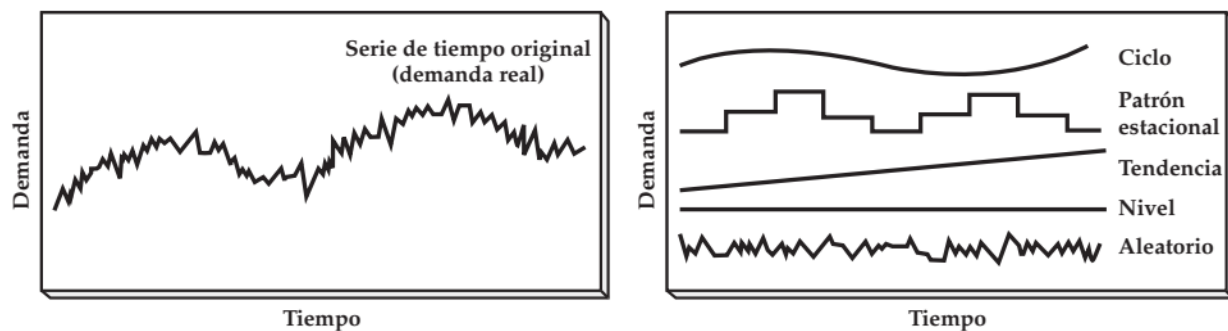
10.1.6.2 Cuantitativos u objetivos.

Los métodos cuantitativos u objetivos de pronóstico son aquellos en los que el pronóstico se deriva de un análisis de datos. Un método de series de tiempo es aquel que usa sólo valores pasados en cuanto al fenómeno que deseamos predecir. Los modelos causales son aquellos que usan datos provenientes de fuentes distintas a las series que están pronosticando: esto es, pueden existir otras variables con valores que están vinculadas de alguna forma a lo que se está pronosticando. (Nahmias, 2007, p. 56)

Series de tiempo: utilizan la demanda histórica para hacer pronósticos. Se basan en la suposición de que la historia de la demanda pasada es un buen indicador de la demanda futura. Estos métodos son más apropiados cuando el patrón de la demanda básica no varía significativamente de un año al siguiente. (Chopra & Meindl, 2008, p. 190)

Uno de los supuestos básicos de todos los métodos de análisis de series de tiempo es que la demanda puede descomponerse en elementos básicos como nivel promedio, tendencia, estacionalidad, ciclo y error. En la Ilustración 10-1 se muestra dicha descomposición.

Ilustración 10-1 Descomposición de los datos de una serie de tiempo.



Fuente: Schroeder et al. (2011, p. 243)

Promedio Móvil, y promedio móvil ponderado.

Dentro de las series de tiempo el más sencillo es el método de los *promedios móviles*, En éste, se supone que la serie de tiempo sólo tiene un componente de nivel más un componente aleatorio. No se supone la presencia de un patrón estacional, de una tendencia o de componentes cíclicos en los datos de la demanda; sin embargo, las versiones más avanzadas del promedio móvil pueden incluir todos los tipos componentes. (Schroeder et al., 2011, p. 244)

Cuando se usa un promedio móvil, se selecciona un número dado de periodos (N) para los cálculos. A continuación, se calcula la demanda promedio, para los periodos anteriores en el momento t. Cada vez que se calcula el pronóstico, la demanda más reciente se incluye en el promedio y se elimina la observación más antigua de la misma. Este procedimiento mantiene N periodos de demanda en el pronóstico y permite que el promedio se mueva a lo largo a medida que se observan nuevos datos de la demanda. (Schroeder et al., 2011, p. 244)

Una forma de hacer que el promedio móvil responda más rápido a los cambios en la demanda es dar relativamente más peso a las demandas recientes que a las anteriores; ello se conoce como promedio móvil ponderado.

Suavización exponencial.

La suavización exponencial se basa en la muy sencilla idea de que puede calcularse un nuevo promedio a partir de uno antiguo y de la demanda más reciente que se haya observado. Si se tiene un promedio calculado y se conoce la demanda más reciente podría decirse que el pronóstico estaría dentro de estos dos, en la suavización exponencial se asigna una ponderación al promedio y la demanda, y el pronóstico será un promedio ponderado de estos dos. (Schroeder et al., 2011, p. 246)

En una suavización exponencial simple, exactamente como en el caso de los promedios móviles, suponemos que la serie de tiempo es plana y sin ciclos y que no existen componentes estacionales o de tendencia. También, se puede mejorar el resultado del pronóstico si se remplace el promedio por un pronóstico anterior.

La suavización exponencial simple no siempre puede usarse en la práctica debido a las tendencias o a los efectos estacionales en los datos; cuando estos efectos están presentes, puede

utilizarse una suavización de segundo orden, una suavización de tercer orden, una suavización corregida por la tendencia o una suavización estacional. (Schroeder et al., 2011, p. 248)

Suavización exponencial ajustada a la tendencia.

Cuando existe una tendencia significativa, los métodos de suavizamiento exponencial deben modificarse; de lo contrario, los pronósticos siempre estarán por arriba o por debajo de la demanda real. El pronóstico se expresará como la suma del promedio del pronóstico de la demanda, y una tendencia, se calculan con una suavización exponencial, de manera que se requieren dos ponderaciones, o constantes de suavizamiento. (Krajewski et al., 2008, p. 536)

Método estacional multiplicativo, método estacional aditivo.

Los patrones estacionales están formados por movimientos ascendentes o descendientes de la demanda, que se repiten con regularidad, medidos en periodos de menos de un año. Dentro de los métodos de pronóstico para patrones estacionales está el método estacional, en el cual los factores estacionales se multiplican por una estimación de la demanda promedio y así se obtiene un pronóstico estacional. (Krajewski et al., 2008, p. 539) También se encuentra el método estacional aditivo, en el cual los pronósticos estacionales se obtienen sumando una constante a la estimación de la demanda promedio por estación. (Krajewski et al., 2008, p. 540).

Métodos causales.

Los métodos de pronóstico causales suponen que el pronóstico de la demanda está altamente correlacionado con ciertos factores en el ambiente (el estado de la economía, las tasas de interés, etc.). (Chopra & Meindl, 2008, p. 190)

Regresión: Uno de los mejores métodos causales conocidos es la regresión Este método relaciona la demanda con otras variables externas o internas que tienden a ocasionar los cambios en la demanda. El método de regresión utiliza la técnica de mínimos cuadrados para obtener un mejor ajuste entre las variables. (Schroeder et al., 2011, p. 254).

En este método causal una variable (conocida como variable dependiente), está relacionada con una o más variables independientes por medio de una ecuación lineal. Donde la *variable dependiente*, es la variable que se desea pronosticar, y las variables independientes son las que se suponen que influyen en la variable dependiente y, por ende, son la “causa” de los resultados observados en el pasado. (Krajewski et al., 2008, p. 529)

Modelo de simulación: Simulación del sistema de distribución que describe los cambios en las ventas y en los lujos de productos a lo largo del tiempo. Releja los efectos del canal de distribución. (Schroeder et al., 2011, p. 254)

10.1.7 Error del pronóstico.

En cualquier método de pronóstico, es importante medir la precisión de los pronósticos. El error de pronóstico es simplemente la diferencia que se obtiene al restar el pronóstico de la demanda real en cualquier periodo determinado (Krajewski et al., 2008, p. 533)

Los errores de pronóstico se clasifican en dos formas: ya sea como errores de sesgo o como errores aleatorios. Los errores de sesgo son el resultado de equivocaciones sistemáticas, por lo cual se observa que el pronóstico siempre es demasiado alto o demasiado bajo. El error aleatorio es el resultado de factores imprevisibles que provocan que el pronóstico se desvíe de la demanda real. (Krajewski et al., 2008, p. 541)

Mediciones del error de un pronóstico:

La *suma acumulada de errores de pronóstico* (CFE) (del inglés cumulative sum of forecast errors) mide el error total de un pronóstico. Resulta útil para evaluar el sesgo de un pronóstico. Si un pronóstico siempre resulta más bajo que la demanda real, el valor de la CFE será cada vez más grande.

El *error cuadrático medio* (MSE) (del inglés mean squared error), la *desviación estándar* (S) y la *desviación media absoluta* (MAD) (del inglés mean absolute deviation) miden la dispersión de los errores de pronóstico. Si el valor del MSE, la S o la MAD es pequeño, el pronóstico se aproxima generalmente a la demanda real; en contraste, un valor grande indica la posibilidad de errores de pronóstico considerables.

El *error porcentual medio absoluto* (MAPE) (del inglés mean absolute percent error) relaciona el error de pronóstico con el nivel de la demanda, y es útil para colocar el desempeño del pronóstico en su perspectiva correcta. (Krajewski et al., 2008, p. 541)

Señales de rastreo.

La señal de rastreo es una medida que indica si un método de pronóstico está previendo con precisión los cambios reales de la demanda. La señal de rastreo mide el número de las desviaciones medias absolutas representadas por la suma acumulada de errores de pronóstico. Un sistema de

rastreo es útil cuando se utilizan modelos de pronóstico computarizados, porque advierte a los analistas cuando los pronósticos se apartan de los límites deseables. (Krajewski et al., 2008, p. 543)

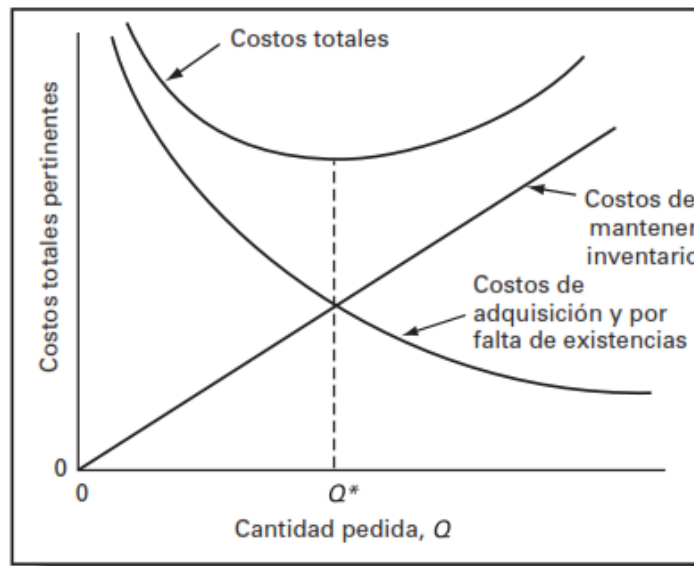
10.2 Inventarios.

“Los inventarios son acumulaciones de materias primas, provisiones, componentes, trabajo en proceso y productos terminados que aparecen en numerosos puntos a lo largo del canal de producción y de logística de una empresa.” (Ballou, 2004, p. 326). Goldratt (1994) define los inventarios como aquel capital que la organización invierte en la compra de bienes para su posterior venta, Chase and Jacobs (2014) por su parte señalan que los inventarios hacen referencia a la existencia de piezas o recursos que cualquier organización pueda necesitar para el cumplimiento de su actividad económica, y a su vez mencionan que dependiendo de la actividad de la compañía, puede hablarse de inventarios de servicios en donde se hace referencia a los bienes tangibles por vender y aquellos suministros necesarios para prestar el servicio, y en una industria manufacturera los inventarios hacen referencia a materia prima, productos terminados, partes componentes, suministros y trabajo en proceso.

10.2.1 Costos de inventario

Ballou (2004) afirma que para determinar una política de inventarios es necesario tener en cuenta tres tipos de costos: (a) costo de adquisición, (b) costo de manejo y (c) costo por faltante de existencias; estos costos se deben equilibrar para hallar la cantidad óptima a pedir, esto como se muestra en la Ilustración 10-2:

Ilustración 10-2 Interacción entre los tipos de costos



Fuente: Ballou (2004, p. 337)

Chase and Jacobs (2014) por su parte afirman que la razón por la cual una organización mantiene inventarios es la reducción de costos, y así los describen:

- **Costos de mantenimiento (o transporte).** Dentro de esta categoría se encuentran los costos relacionados con las instalaciones de almacenamiento, manejo, seguros, desperdicios, daños, obsolescencia, impuestos, depreciaciones y costo de oportunidad del capital, para Ballou (2004) el costo de mantener resulta de la cantidad de dinero gastada para mantener en óptimas condiciones un artículo durante un periodo de tiempo.
- **Costo de Preparación (o cambio de producción).** Vidal (2005) en su obra asegura que el reponer los inventarios se asocia una serie de costos que no dependen del tamaño de la orden si no al proceso que conlleva realizar esta orden, dentro de este proceso pueden nombrarse acciones como: (a) preparación de formatos, (b) costos de correos o cualquier otro medio para la transmisión de información, (c) llamadas telefónicas, (d) autorización de pedidos, (e) recepción e inspección, entre otros costos. Ballou (2004) lo define como aquel costo que se incurre al procesar el pedido a través de los departamentos de contabilidad y compras y suministros, y para Chase and Jacobs



(2014) el costo de preparación hace referencia a los arreglos y configuraciones necesarias en los equipos para la preparación de la fabricación de un artículo o producto diferente al anterior.

- **Costos de pedido.** Para Chase and Jacobs (2014) este costo hace referencia al costo que otros denominan costo de preparación, ya que asegura que este costo está representado en los procesos administrativos y de oficina necesarios para emitir una orden de compra o de fabricación.
- **Costos de faltantes.** “Este costo se produce cuando se recibe una orden y no hay suficiente inventario disponible para cubrirla.”(Vidal, 2005, p. 25), Ballou (2004) sugiere que este costo se puede clasificar en dos tipos:

Costo por pérdida de venta, este se presenta cuando un cliente ante la situación de la ausencia del producto decide cancelar su compra, adicional a este se puede incurrir en un costo adicional dado que se pierdan ventas futuras o que el cliente encuentre dicho producto en la competencia o que pueda sustituir tal producto por otro.

Costo de pedido pendiente, sucede cuando el cliente decide aceptar el retraso de su producto, dichos pedidos pueden generar costos adicionales de personal y de ventas por el procesamiento de los pedidos y costos de transportación.

10.2.2 Tipos de inventario.

Vidal (2005) en su obra asegura que los inventarios se deben clasificar para evitar cometer errores como:

- Utilizar el indicador de rotación de inventario de una manera uniforme para todos los artículos.
- Imponer el mismo límite de inventarios con base en un porcentaje de las ventas para todas las divisiones de una organización.
- Definir el inventario de seguridad solo con base en los indicadores de demanda promedio.

Silver, Pyke, and Peterson (1998) establecen seis tipos de inventarios, los cuales son descritos a continuación

10.2.2.1 Inventario cíclico.

Los inventarios cíclicos son aquellos que resultan de producir u ordenar por lotes y no por unidades, algunas de las razones por las cuales se utilizan estos tipos de inventarios son: (a) lograr economías de escala evitando altos costos de alistamiento o en su caso ordenamiento, (b) conseguir descuentos por cantidades frente a los proveedores y por último lograr satisfacer restricciones tecnológicas de producción por lotes.

10.2.2.2 Inventario de congestión.

Se genera este tipo de inventario cuando existen artículos que comparten los mismos equipos de producción o cuando existes grandes tiempos de alistamiento, dado que los ítems deben esperar a que el equipo esté disponible.

10.2.2.3 Inventario de seguridad.

Corresponde al inventario que se mantiene disponible para responder a las variaciones que pueda sufrir el sistema, variaciones en la demanda, en los tiempos de reposición o lead times. Este tipo de inventario afecta el servicio al cliente.

10.2.2.4 Inventario de anticipación.

Este inventario corresponde al acumulado con anterioridad para responder a fluctuaciones de la demanda, es de uso particular en empresas donde es más costoso responder antes picos de demanda a partir de contratación adicional no prevista.

10.2.2.5 Inventario en tránsito (o en proceso).

Dicho inventario es aquel que se encuentra en tránsito entre diversas estaciones de producción, o siendo transportado a lo largo de la cadena de suministro.

10.2.2.6 Inventario de separación.

Este tipo de inventario corresponde a aquellas cantidades que permiten avanzar en una línea de producción o comercialización de un producto sin tener que depender de la etapa o bodega de almacenamiento anterior.

10.3 Otros factores de importancia.

10.3.1 Tiempo de reposición (“lead time”)

Vidal (2005) indica en su obra que se refiere al tiempo que transcurre entre el momento de expedir una orden, bien sea de compra o producción, y el instante en que se tienen los artículos listos para ser demandados por el cliente, este tiempo puede ser determinístico o puede estar dado por una distribución de probabilidad.

El tiempo de aprovisionamiento incluye generalmente comprende las siguientes etapas

- Tiempo administrativo este corresponde al tiempo que se lleva entre la toma de decisión de emitir una orden y su correspondiente preparación.
- Tiempo de transito hasta el proveedor o hasta el jefe de producción.
- Tiempo necesario por el proveedor o jefe de producción para procesar la orden.
- Tiempo de transito utilizado entre el proveedor y el lugar donde se solicita la orden.

10.3.2 Nivel de servicio.

Como ya lo menciona Ballou (2004) el objetivo de un inventario es garantizar la existencia de los artículos que el cliente pueda requerir en un futuro cercano, regularmente esto se basa en la probabilidad esperada de no llegar a una situación de falta de existencias, para un artículo se puede ver en la siguiente expresión:

$$\text{nivel de servicio} = 1 - \frac{\text{número de unidades agotadas anualmente}}{\text{demanda anual total}} \quad (1.1)$$

10.3.3 Demanda

La demanda de un producto en inventario es el número de unidades que será necesario extraer de éste para algún uso (como venta) durante un periodo específico. (Hillier & Lieberman, 2010, p. 772)

10.3.3.1 Tipos de demanda.

Un aspecto muy importante de la demanda es su caracterización como demanda independiente, o como demanda dependiente o derivada. (Vidal, 2005, p. 26), aspecto que puede diferir en gran medida de la operación de la empresa para la cual el responsable de la logística debe planear (Ballou, 2004).

- *Demanda independiente:* La demanda independiente es generada por entes externos a la organización, como por ejemplo los clientes que compran los productos terminados que ésta manufactura. Asegura (Vidal, 2005)
- *Demanda dependiente o derivada:* la demanda dependiente o derivada se presenta en aquellos productos que hacen parte de otros más grandes, por ejemplo la demanda de neumáticos para la fabricación de un vehículo dependerá de la cantidad de autos a construir. (Chase & Jacobs, 2014)

10.4 Sistema de inventarios

Un sistema de inventario es el conjunto de políticas y controles con los cuales se vigilan los niveles del inventario y determinan los que se van a mantener, el sistema también es responsable de pedir los bienes, establecer el momento de hacer los pedidos y llevar un registro de la cantidad ordenada y a su proveedor. Chase and Jacobs (2014, p. 558)

Chase and Jacobs (2014) dividen en sistemas de un periodo y de periodos múltiples. La clasificación se basa en decisiones de compra única diseñada para cubrir un periodo fijo y la pieza no se va a volver a pedir, y decisiones de adquirir una pieza en forma periódica, en la que es necesario mantener un inventario para utilizarla según la demanda.

10.4.1 Modelo de inventario de periodo único

Cuando los productos involucrados son perecederos o su demanda es para solo un periodo surgen muchos problemas prácticos de inventario. Productos como vegetales y frutas frescas, flores naturales cortadas, periódicos y algunos medicamentos tienen una vida de anaquel corta y definida, y no están disponibles para periodos de venta subsiguientes. Sólo puede establecerse un pedido para que estos productos satisfagan dicha demanda. Se debe determinar el tamaño que debe tener ese único pedido. Ballou (2004, p. 342)

Como ejemplo se puede considerar un problema en el que un voceador decide cuántos periódicos exhibir cada mañana en su quiosco a las afueras de un hotel. Si esta persona no coloca los suficientes periódicos en el puesto, algunos clientes no podrán comprar el diario y el voceador perderá las ganancias relacionadas con esas ventas. Por otra parte, si coloca demasiados periódicos, el voceador tendrá que pagar los que no se vendan, lo que reduce las ganancias de la jornada. Chase and Jacobs (2014) Para hallar el tamaño más económico de pedido (Q^*), se puede apelar un análisis económico marginal. Es decir, se halla en el punto donde la ganancia marginal de la siguiente unidad vendida es igual a la pérdida marginal de no vender la siguiente unidad. (Ballou, 2004)

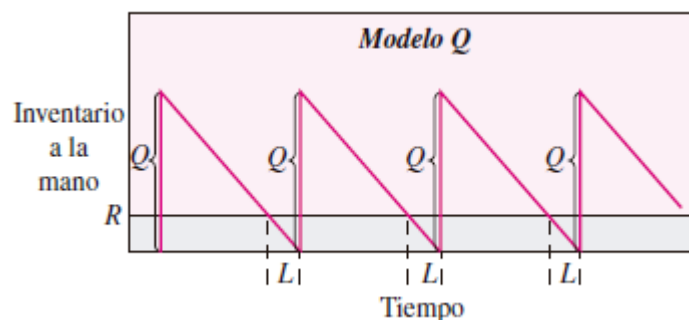
10.4.2 Sistemas de inventario de varios periodos.

Los sistemas de inventario de varios periodos están diseñados para garantizar la disponibilidad de una pieza todo el año. Generalmente se realizan varios periodos al año; la lógica del sistema indica la cantidad real pedida y el momento del pedido. Chase and Jacobs (2014), Dentro de la literatura generalmente se hayan dos sistemas de inventarios.

- ***Modelo de cantidad de pedido fijo, modelo Q :***

También llamado modelo de cantidad de pedido económico, EOQ, Los modelos de cantidad de pedido fija pretenden determinar el punto específico R en que se hará un pedido, así como su tamaño Q . El punto de pedido R siempre es un número específico de unidades. Se hace un pedido de tamaño Q cuando el inventario llega al punto R en la Ilustración 10-3 se muestra una gráfica de la lógica de funcionamiento de del modelo Q .

Ilustración 10-3 Modelo básico de cantidad de pedido fijo

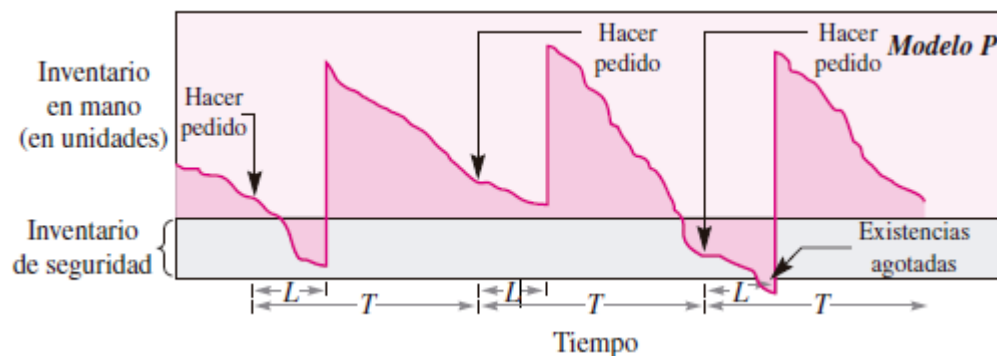


Fuente (Chase & Jacobs, 2014)

- *Modelos de periodos fijos, modelo P:*

También es conocido como sistema periódico. En un sistema de periodo fijo, el inventario se cuenta cada cierto periodo de tiempo, se muestra una gráfica con el comportamiento del sistema en la Ilustración 10-4. Es recomendable contar el inventario y hacer pedidos en forma periódica en situaciones en que los proveedores hacen visitas de rutina a los clientes y levantan pedidos para toda la línea de productos o cuando los compradores quieren combinar pedidos para ahorrar en costos de transporte. Los modelos de periodo fijo generan cantidades de pedidos que varían de un periodo a otro según los índices de uso, Por lo general, para esto es necesario un nivel más alto de inventario de seguridad que en el sistema de cantidad de pedido fija. (Chase & Jacobs, 2014)

Ilustración 10-4 Modelo de inventario de periodo fijo



Fuente Chase and Jacobs (2014)

Los sistemas de inventario de varios periodos están diseñados para garantizar la disponibilidad de una pieza todo el año. Por lo general, la pieza se pide varias veces en el año; la lógica del sistema indica la cantidad real pedida y el momento del pedido. Chase and Jacobs (2014)

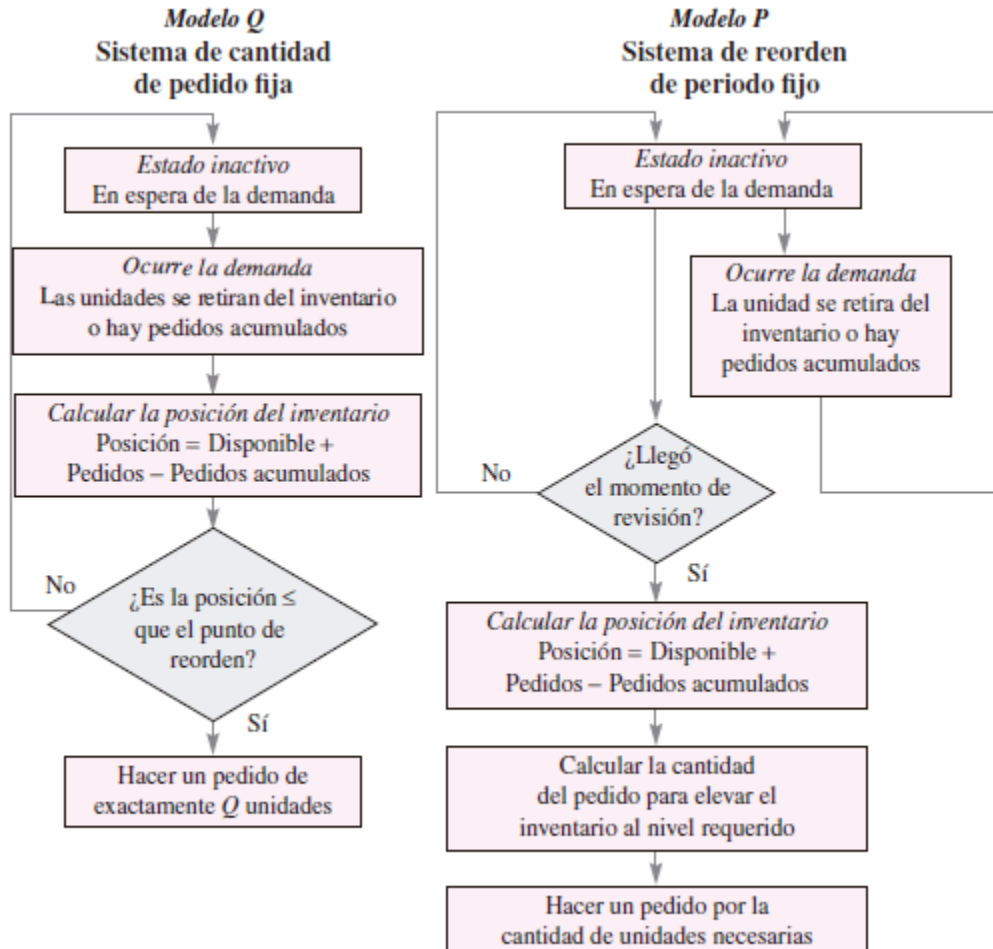
Para finalizar Chase and Jacobs (2014) hacen una comparación de los dos sistemas en la Ilustración 10-5 hallan las diferencias de los sistemas y en la Ilustración 10-6 la comparación de la lógica de cada uno.

Ilustración 10-5 Diferencia entre el modelo de pedido fijo y periodo fijo

Característica	Modelo Q Modelo de cantidad de pedido fija	Modelo P Modelo de periodo fijo
Cantidad del pedido	Q , constante (siempre se pide la misma cantidad)	q , variable (varía cada vez que se hace un pedido)
Dónde hacerlo	R , cuando la posición del inventario baja al nivel de volver a pedir	T , cuando llega el periodo de revisión
Registros	Cada vez que se realiza un retiro o una adición	Solo se cuenta en el periodo de revisión
Tamaño del inventario	Menos que el modelo de periodo fijo	Más grande que el modelo de cantidad de pedido fija
Tiempo para mantenerlo	Más alto debido a los registros perpetuos	
Tipo de pieza	Piezas de precio más alto, críticos o importantes	

Fuente : (Chase & Jacobs, 2014)

Ilustración 10-6 Comparación de los sistemas, pedido fijo vs periodo fijo



Fuente: Chase and Jacobs (2014)

10.5 Control conjunto de inventarios.

La administración puede estar interesada en el control conjunto de varios ítems en forma simultánea. Esto se debe al hecho de que dichos ítems pueden ser suministrados por un mismo proveedor, comparten un mismo modo de transporte, o son producidos en las mismas máquinas o línea de producción. Vidal (2005)

10.5.1 Curvas de intercambio.

(Vidal, 2005) encuentra que la administración de un sistema de inventarios está interesada en medidas agregadas de eficiencia, constituidas por varios ítems individuales. Esta idea da más información globalizada para la toma de decisiones. Por ejemplo, es difícil en muchas ocasiones determinar valores aproximados del costo de ordenamiento A y del costo de mantenimiento del inventario r . Por lo tanto, se recurre a las denominadas curvas de intercambio, las cuales reúnen a varios ítems individuales y pueden servir para estimar valores de A y/o r .

Al considerar varios ítems, las medidas agregadas de eficiencia más comunes son las siguientes (generalmente son referidas a un año, pero puede utilizarse otra unidad de tiempo):

- Máximo costo total anual del inventario promedio
- Máximo costo fijo total (o número total) de reposiciones por año
- Máximo valor de faltantes por año
- Máxima demora permitida de órdenes pendientes.

10.5.2 Reabastecimiento conjunto.

En la práctica, es muy difícil o casi imposible que las organizaciones controlen sus inventarios de ítems en forma individual. Esto se debe a múltiples razones, entre las cuales las más importantes son los requerimientos de los tamaños de las órdenes de los proveedores, el medio de transporte utilizado y los procedimientos de compra que tiene la organización. Por estas razones, las empresas deben controlar el inventario de varios ítems en forma conjunta. Por ejemplo, si hay ítems que son suministrados por un mismo proveedor, quien no va a aceptar una orden hoy por ciertas cantidades de tres ítems, mañana por otras. Vidal (2005).

10.5.2.1 Sistema de reabastecimiento conjunto

Ballou (2004) presenta un método para el control periódico conjunto de varios ítems, el procedimiento consiste en determinar un tiempo de revisión común para diversos ítems (T) y pedir cantidades diferentes para cada artículo, de acuerdo a su inventario efectivo y su inventario máximo, la definición del inventario máximo para cada ítem se realiza de acuerdo con el nivel de servicio ($P1$ o $P2$)

El tiempo de revisión común para artículos pedidos conjuntos es:

$$T^* = \sqrt{\frac{2(O + \sum_i S_i)}{I \sum_i C_i D_i}} \quad (10-2)$$

En donde

T^* : tiempo de revisión común.

O : costo de hacer una orden de pedido.

S_i : costo fijo por incluir un artículo i en el pedido

C_i : costo por unidad del artículo i

D_i : Demanda del artículo i

I : costo de almacenamiento

El nivel máximo para cada artículo será:

$$M_i^* = d_i(T^* + TE) + z_i(s'_i)_i \quad (10-3)$$

Y el costo total será

Costo total= costo de pedido + costo de manejo de las existencias regulares + costo de manejo de las existencias de seguridad + falta de existencias.

$$TC = \frac{O + \sum_i S_i}{T} + \frac{\pi \sum_i C_i D_i}{2} + I \sum_i C_i z_i (s'_d)_i + \frac{1}{T} \sum_i k_i (s'_d)_i (E_{(z)})_i \quad (10-4)$$

10.6 Clasificación ABC

Algunas organizaciones mantienen miles de artículos en inventario, pero sólo un pequeño porcentaje de ellos merecen un mayor control por parte de la dirección. Para llevar a cabo una buena gestión del inventario, es necesario conocer el valor de los productos. Nuñez, Guitarts, and Barraza (2014)

Vidal (2005) asegura que existe una propiedad estadística ampliamente conocida universalmente como el Principio de Pareto, la cual expresa que “alrededor del 20% de los SKU corresponden aproximadamente al 80% de las ventas anuales de la empresa.” Esta característica es supremamente importante, ya que el nivel de inventario de todos los ítems no debe ser controlado de la misma forma. Esto corresponde a la conocida clasificación ABC.

- Ítem clase A: 10% del total de ítems, con alrededor del 65% del total de ventas.
- Ítem clase B: 20% del total de ítems, con alrededor del 25% del total de ventas;
- Ítem clase C: 70% del total de ítems, con alrededor del 10% del total de ventas.

10.6.1 Control de inventarios de ítems clase A

Dado que los ítems clase A son generalmente aquellos cuyo producto entre la demanda y su valor unitario es mayor que todos los demás ítems, debe prestarse especial atención en su control. El utilizar el mismo tipo de control para ítems clase A y B se justifica cuando el ahorro logrado en costos de ordenamiento. Vidal (2005).

11 METODOLOGIA.

11.1 Tipo de investigación

La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema. (Sampieri, Collado, & Lucio, 2014, p. 36). Es una actividad que permite obtener conocimientos científicos, es decir, conocimientos que se procura sean objetivos, sistemáticos, claros, organizados y verificables. (Sabino, 1992). Dentro de los tipos de investigación que presenta Sabino (1992) el presente proyecto se ajusta más al tipo descriptivo:

Su preocupación primordial radica en describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos. Las investigaciones descriptivas utilizan criterios sistemáticos que permiten poner de manifiesto la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio, proporcionando de ese modo información sistemática y comparable con la de otras fuentes.

Se desea describir las características de los inventarios dentro del hospital, mediante el uso de datos numéricos históricos, junto a su análisis, de manera que el proyecto tendrá un enfoque cuantitativo y cualitativo.

Una tesis con un enfoque cuantitativo es una investigación donde la recolección de datos es numérica, estandarizada y cuantificable, y el análisis de información y la interpretación de resultados permiten fundamentar la comprobación de una hipótesis mediante procedimientos estadísticos, los cuales ofrecen la posibilidad de generalizar los resultados. (Razo, 2011, p. 11)

En la Ilustración 11-1 se muestran el proceso que propone Sampieri et al. (2014) para la ejecución de un proyecto de investigación con enfoque cuantitativo.

Para el desarrollo del presente proyecto se dividirá en cinco etapas fundamentales:

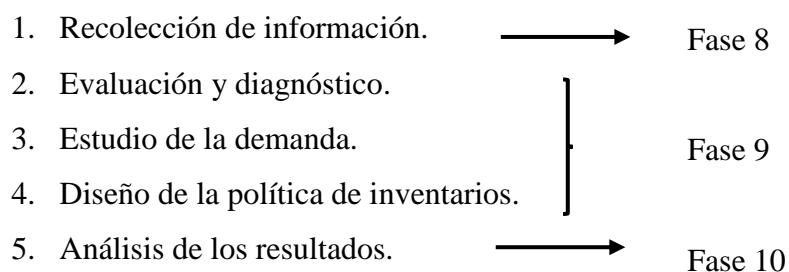
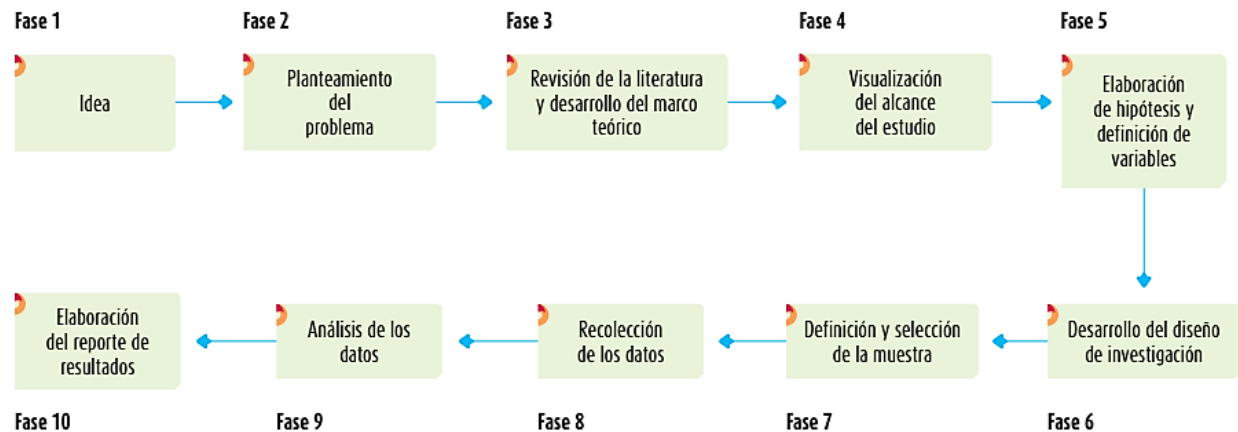


Ilustración 11-1 Proceso cuantitativo



Fuente: Sampieri et al. (2014, p. 5)

11.2 Fuentes de información

Para poder llevar a cabo este estudio, es necesario realizar un levantamiento de información que dependiendo de su procedencia pueden ser primaria o secundaria.

- Fuentes primarias: en este caso la fuente son las personas involucradas en el proceso de adquisición de los medicamentos en la farmacia del hospital, para obtener dicha información se aplicarán técnicas como: entrevistas, diálogos y la observación directa.
- Fuentes secundarias: para el caso dicha información vendrá de libros, revistas, artículos, manuales de procedimiento y bases de datos.

Obtenida dicha información se podrá contextualizar e identificar con mayor precisión las características del problema a estudiar.

Una vez la información haya sido debidamente registrada organizada y analizada y que el problema esté claramente definido se procederá a realizar un diagnóstico que mostrará la situación en la que se encuentra la política de inventarios en la farmacia del hospital. Teniendo en cuenta los resultados de dicho diagnóstico se procederá a identificar las fortalezas y los puntos críticos de la organización en cuanto a la gestión de inventarios, dichos puntos serán estudiados con mayor detalle. Con la información recolectada se procederá a realizar un análisis a los tiempos de espera, y al comportamiento de la demanda. Finalmente, se trabajará en la elaboración de una

política de inventarios, que le facilite a la entidad la toma de decisiones. En la Tabla 11-1 se resume la metodología.

Tabla 11-1 Metodología

Objetivos Específicos	Etapas	Herramientas y técnicas	Resultados
Realizar un diagnóstico sobre el manejo actual de los inventarios de medicamentos en la farmacia del Hospital Regional de Sogamoso.	1. Recolección de la información:	<p><i>Fuentes primarias:</i></p> <p>Observación directa:</p> <p>Visitas a la entidad</p> <p>Conversaciones, entrevistas con el personal.</p> <p><i>Fuentes secundarias:</i></p> <p>Listado oficial de medicamentos en la entidad.</p> <p>Consulta a los registros de la entidad, manuales de procedimientos.</p> <p>Consulta en las bases de datos de la entidad:</p> <p>Consumo Histórico</p> <p>Costo medicamentos</p> <p>Costos relacionados a los inventarios*</p> <p>Registros de proveedores.</p> <p>Indicadores. *</p> <p>* Si se tienen.</p>	<p>Métodos y procedimientos actuales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinación de la demanda • Inventarios <p>Información general sobre medicamentos manejados.</p> <p>Demanda, y consumo real de los medicamentos.</p> <p>Proveedores actuales y potenciales, tiempos de espera, nivel de servicio.</p> <p>Nivel de servicio actual de la farmacia.</p> <p>Costos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medicamento • Pedido • Almacenamiento
	2. Evaluación y diagnóstico.	<p>Análisis de los métodos actuales empleados en la entidad para el manejo del inventario de los medicamentos.</p> <p>Consolidar base de datos por medicamento.</p> <p>Verificación, o cálculo de los costos.¹⁴</p> <p>Análisis a los proveedores</p>	<p>Diagnóstico de los métodos actuales para la determinación de la demanda y el manejo de los inventarios.</p> <p>Base de datos de los consumos históricos por medicamento.</p> <p>Listado oficial de medicamentos con los que se trabajara.</p> <p>Costos:</p> <p>Medicamento.</p>

¹⁴ Se tomarán los costos existentes, se verificarán. En caso de no existir se realizará su cálculo.

		Nivel de servicio Tiempos de espera <i>Fuentes secundarias:</i> Revisión bibliográfica.	Pedido. Almacenamiento. Análisis de los niveles de servicio. Análisis tiempos de espera.
Determinar el comportamiento de la demanda para cada producto.	3. Estudio de la demanda.	Análisis de las series de tiempo <ul style="list-style-type: none"> Datos atípicos Homogeneidad Aplicación de las técnicas de pronóstico usando software, Minitab, o XLStat Cálculo del error de los pronósticos usando software, Minitab, o XLStat Determinación del comportamiento de la demanda.	Pronósticos. Error de los pronósticos. Análisis de la aplicación de los métodos de pronóstico para el consumo de los medicamentos. Comportamiento de la demanda por medicamento.
Diseñar una política de inventario para los medicamentos.	4. Diseño la política inventarios.	Identificación y selección del modelo de inventarios a utilizar. Definición de Variables. Aplicación del Modelo.	Política de inventarios: Determinación tiempo entre revisión. Cantidad de pedido Nivel óptimo de disponibilidad del producto. Nivel de inventario de seguridad
Hacer una comparación entre el sistema propuesto, y el manejo actual de los inventarios para determinar resultados.	5. Análisis de los resultados.	Calcular el costo total del inventario mediante los métodos actuales. Hallar el costo total del inventario usando el sistema propuesto. Comparar resultados.	Conclusiones y recomendaciones.

Fuente: Elaboración Propia

12 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Una vez identificadas las fuentes, se solicitó la información requerida y se obtuvo la aprobación de la subgerencia administrativa financiera de la entidad. La solicitud y la aprobación se incluyen en el Anexo 21.4. Se procedió a aplicar diferentes técnicas para realizar el levantamiento de la información, dentro de las cuales están:

Entrevistas con el personal

Las entrevistas fueron realizadas al personal involucrado en el proceso de adquisición de los medicamentos ya que se necesitaba conocer con mayor detalle el flujo de trabajo para así poder tener una visión global del problema, también se hizo necesario entrevistar al personal enfermero que hace la dispensación de los medicamentos con el fin de hallar el nivel de servicio actual. Con estas entrevistas se buscó obtener información acerca del funcionamiento del sistema informático, el manejo y seguimiento que se hace de los medicamentos, desde el momento que surge la necesidad hasta que ésta es satisfecha. Dichas entrevistas fueron reiterativas en la medida que surgían nuevas necesidades.

Reuniones con la directiva del Hospital

Las reuniones realizadas con la directiva del Hospital fueron realizadas en distintas ocasiones puesto que a la directiva le interesaba revisar los avances del proyecto para orientar el trabajo hacia los objetivos propuestos. De esta forma se contaba con información actualizada del avance real del estado del proyecto mientras que se corregían las desviaciones que surgían.

Revisión de Manuales de Procedimientos

El hospital cuenta con manuales de procedimientos de los procesos que lo componen, los cuales establecían las tareas, actividades y objetivos de cada uno de ellas. Se examinaron los manuales de selección y adquisición de medicamentos, puesto que se necesitaba conocer la forma en que estaban estipulados formalmente los procesos, de esta forma se pudo saber si los resultados obtenidos de las entrevistas coincidían con lo que el hospital estipulaba en sus manuales y posteriormente proponer las correcciones y consultas pertinentes.

Revisión de registros, y bases de datos.

El hospital cuenta con un área de sistemas que se encarga de mantener registros digitales de las ventas hechas a sus pacientes, de igual forma el área de farmacia cuenta con el apoyo de un software informático, City salud, para el registro de los movimientos de medicamentos. Por otra parte, cada miembro lleva registros que aún si estar estandarizados, permite tener control de las actividades que realizan.

Como se describió en la metodología, se requiere la siguiente información para el desarrollo del proyecto:

- Métodos y procedimientos actuales
 - Determinación de la demanda
 - Inventarios
- Información general sobre medicamentos manejados.
- Demanda, y consumo real de los medicamentos.
- Proveedores actuales y potenciales, tiempos de espera, nivel de servicio.
- Nivel de servicio actual de la farmacia.
- Costos.
 - Del medicamento
 - Del pedido
 - Por almacenamiento

Durante el proceso de la recolección de la información y con el uso de las herramientas anteriormente descritas se obtuvo para cada ítem:

12.1 Métodos y pronósticos actuales

12.1.1 Determinación de la demanda

No se tienen definidos métodos para el cálculo de los pronósticos de la demanda de los medicamentos. Los requerimientos de medicamentos son responsabilidad del regente de farmacia, quien con base a su experiencia determina la cantidad que necesaria para la correcta prestación del servicio.

Se cuenta con el “MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA ADQUISICIÓN DE MEDICAMENTOS Y DISPOSITIVOS MÉDICOS¹⁵” en el cual se describen para las siguientes actividades,

- 6.1 SOLICITUD DE COMPRA DE MEDICAMENTOS Y DISPOSITIVOS MÉDICOS,
- 6.2 ADQUISICIÓN Y PRESENTACIÓN DE INFORMES DE MEDICAMENTOS DE CONTROL ESPECIAL.
- 6.3 SEGUIMIENTO DE ADQUISICIONES

Así como el “MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA SELECCIÓN DE MEDICAMENTOS Y DISPOSITIVOS MÉDICOS.” Donde se describe:

- 6.1 ELABORACIÓN DE LISTADO BASICO DE MEDICAMENTOS Y DISPOSITIVOS MEDICOS DE LA INSTITUCIÓN.
- 6.2 CONTRATACIÓN DIRECTA DE M Y DM.¹⁶
- 6.3 LICITACIÓN PÚBLICA

En el manual de adquisición, punto 6.1.2, define dentro del alcance específico de la actividad solicitud de compras de M y DM, que: “el procedimiento inicia con la revisión de los inventarios en el sistema Citysalud¹⁷ para determinar las necesidades de medicamentos y dispositivos médicos, termina con el almacenamiento de la orden de pedido enviada por correo al proveedor para hacer seguimiento del cumplimiento de proveedores.”

También describe dentro de sus definiciones (punto 6.1.4) La técnica de máximos y mínimos:

“Esta técnica consiste en establecer niveles máximos y mínimos de inventario, además de su respectivo periodo fijo de revisión. La cantidad a ordenar corresponde a la diferencia entre la existencia máxima calculada y las existencias actuales de inventario. Los pedidos que se efectúen fuera de las fechas establecidas de revisión corresponderán a aquellos que busquen reaccionar a una fluctuación anormal de la demanda de unidades que haga que los niveles de inventario lleguen al límite mínimo antes de la revisión. Numerosos sistemas automatizados emplean la técnica de

¹⁵ Los manuales fueron facilitados por la institución para el desarrollo del proyecto, se incluyen en el CD Anexo, Archivo Manuales Adquisicion.doc

¹⁶ Medicamentos y dispositivos médico-quirúrgicos.

¹⁷ Software para el manejo de información empleado por la entidad.

máximos y mínimos calculando puntos de revisión y solicitando automáticamente órdenes de compra con sus respectivas cantidades a solicitar.”

El método requiere el consumo mínimo, medio y máximo de los medicamentos, pero el manual no describe su cálculo; además en el punto 6.1.7, expresa que para revisar los inventarios y determinar las necesidades de M y DM, se debe revisar en el software contable los inventarios, punto de pedido, tiempo de reposición, máximos y mínimos para determinar las necesidades de M y DM a solicitar.

12.1.2 Inventarios

Respecto al manejo de los inventarios se encontró dentro del manual de adquisición el método de máximos y mínimos, descrito en el apartado 12.1.1 del presente proyecto. El método se resume en lo siguiente:

Cmn: Consumo mínimo diario	Emn: Existencia mínima (Inventario de seguridad)
Cmx: Consumo máximo diario	Emx: Existencia máxima
CP: Cantidad de pedido	Pp: Punto de pedido
Cp: Consumo medio diario	Tr: Tiempo de reposición de inventario (en días)
E: Existencia actual	

Las fórmulas matemáticas utilizadas en la técnica son:

$$\begin{aligned} \text{Emn: } & \text{Cmn} * \text{Tr}; \\ \text{Pp: } & (\text{Cp} * \text{Tr}) + \text{Emn} \\ \text{Emx: } & (\text{Cmx} * \text{Tr}) + \text{Emn} \\ \text{CP: } & \text{Emx} - \text{E} \end{aligned}$$

12.2 Información general sobre los medicamentos trabajados.

El hospital dio acceso a los autores a un listado de los medicamentos oficiales que se manejarían durante el año 2018, dentro del listado se incluye:

- Código del artículo.
- Descripción del artículo, (incluye nombre, y descripción).
- Descripción de la presentación.

- Código Invima.
- Laboratorio.
- Código Cum.
- Costo unitario de compra.
- Descripción de Línea¹⁸.

Una muestra de la información recibida se muestra en la Tabla 12-1

Tabla 12-1 Muestra de la lista oficial medicamentos 2018¹⁹

codArticu	DesArticulo	DesPres	Invima	LAB	cum	PrecioUC	deslinea
00043	ABACAVIR + LAMIVUDINA 600 MG/300 MG TAB	Tabletas	2011M-0011	LEGRAND	20008845-01	2100	MEDICAMENTOS
MED-005	ABACAVIR 300 MG TAB	Tabletas	2011M-0011	LEGRAND	0	0	MEDICAMENTOS
00044	ACETAMINOFEN 325 MG + CODEINA FOSFATO 15 MG TAB	Tabletas	2005M-0034	SIEGFRIED S	24032-01	236	MEDICAMENTOS
77065690205	ACETAMINOFEN 500 MG TAB	Tabletas	2013M-0002	AMERICAN G	19986458-03	29	MEDICAMENTOS
77037120354	ACETAMINOFÉN JARABE 150 MG/5 ML FCO X 60 ML	Frasco	2007M-0069	LAPROFF	207411-1	819	MEDICAMENTOS
77028700043	ACETATO DE MEDROXIPROGESTERONA 150 MG AMP	Ampollas	2009M-0009	LAFRANCOL	19997397-02	3565	MEDICAMENTOS
77026051800	ACICLOVIR 200 MG TAB	Tabletas	2011M-0123	GENFAR	19961342-03	71	MEDICAMENTOS
75011251063	ACICLOVIR 250 MG AMP	Ampollas	2014M-0015	PISA	19936621-01	4706	MEDICAMENTOS
77059598803	ACIDO ACETIL SALICILICO 100 MG TAB	Tabletas	2013M-0002	GENFAR	19936296-08	13	MEDICAMENTOS
77020577001	ACIDO ASCORBICO 500 MG TAB	Tabletas	2012M-0012	TECNOQUIM	54932-01	147	MEDICAMENTOS

Fuente: Listado oficial de medicamentos 2018, Hospital Regional de Sogamoso.

Dentro de esta lista oficial se incluyen 1595 productos, de los cuales: 383 son medicamentos y 1212 pertenecen a materiales medico quirúrgicos. Para el desarrollo del proyecto se filtraron los datos, el listado final incluye solo los medicamentos

12.3 Demanda, y consumo real de los medicamentos.

En diálogos con el químico farmacéutico, el regente de farmacia, y la asistente administrativa, se informa a los autores que debido a la naturaleza de la entidad, y sus principios, incluida la calidad en la prestación del servicio, no es posible que hayan demandas insatisfechas, y que en caso de que se presente un imprevisto en la cadena de suministro, se informa oportunamente a los médicos de la entidad, estos homologaran la ausencia de un medicamento con otro, de esta manera se evitaban complicaciones en la salud de los pacientes.

Los registros de consumo, se encontraron en una base de datos con el registro histórico de las ventas del hospital. Se dio autorización a los autores para el acceso a dicha información y el

¹⁸ Describe si el ítem es un medicamento, o si hace parte del grupo de Material Médico quirúrgico.

¹⁹ Lista completa: Anexo CD Archivo, Listado oficial medicamentos 2018 HRS.xlsx

área de sistemas les brindo un documento en Excel que incluía: 6 hojas, una para cada año, desde el primero de enero del 2012, hasta el 31 de diciembre del 2017.

Cada hoja por su parte incluía:

- Número de la factura.
- Fecha del registro.
- Código del procedimiento.
- Descripción del procedimiento.
- Cantidad.
- Valor del procedimiento²⁰.

En la Tabla 12-2 se muestra una sección de la información recibida.

Tabla 12-2 Muestra base de datos ventas.²¹

NF	Fecha	CProced	DesProced	Cantidad	VProced
60436	01/01/2017	39143	CONSULTA AMBULATORIA DE MEDICINA	1	42500
60437	01/01/2017	39143	CONSULTA AMBULATORIA DE MEDICINA	1	42500
60438	01/01/2017	39143	CONSULTA AMBULATORIA DE MEDICINA	1	42500
60439	02/01/2017	39143	CONSULTA AMBULATORIA DE MEDICINA	1	42500
60440	02/01/2017	39143	CONSULTA AMBULATORIA DE MEDICINA	1	42500
60441	02/01/2017	39143	CONSULTA AMBULATORIA DE MEDICINA	1	42500
60442	02/01/2017	39143	CONSULTA AMBULATORIA DE MEDICINA	1	42500

Fuente: Bases de datos de ventas Hospital Regional de Sogamoso 2012-2017

12.4 Proveedores actuales y potenciales, tiempos de espera y nivel de servicio.

Respecto a los pedidos de medicamentos, el regente en farmacia informa que por su cuenta lleva el registro de la recepción de los mismos, así como también comenta que registra las ordenes de pedido por proveedor, y les permite el acceso a los autores a esta información. Se obtuvieron todas las ordenes de pedido de medicamentos realizadas en el año 2017 a todos los proveedores, y se

²⁰ El valor de venta del medicamento es irrelevante para el desarrollo del estudio, se usarán los costos de compra.

²¹ Base completa, Anexo CD, Archivo: Base de datos, ventas 2012-2017.xlsx

adjunta en el Anexo 21.2, una muestra de las ordenes de pedido que se registran en la farmacia del Hospital²².

Por otra parte, la información referente a la recepción de los medicamentos la registra el regente de farmacia, quien por su parte documenta la recepción de medicamentos y material médico quirúrgico en un libro de Excel, este incluye la siguiente información:

- Descripción.
- Cantidad
- Forma Farmacéutica
- Registro Sanitario Invima
- Lote
- Fecha de vencimiento
- Marca
- Fecha de Recepción
- Numero de factura
- Proveedor

Se tiene registrada dicha información desde el año 2015 hasta el año 2017. Se incluye una muestra de esta información en la Tabla 12-3 Recepción técnica de medicamentos:

Tabla 12-3 Recepción técnica de medicamentos²³

RECEPCIÓN TÉCNICA DE MEDICAMENTOS									
DESCRIPCION	CANTIDAD	Forma Farmacéutica	Registro Sanitario	LOTE	F. VENCIM.	Marca	FECHA RECEPCIÓN	Nº FACTURA	PROVEEDOR
ACETAMINOFEN 500 MG	19800	TAB	2012M-0013210	61026367	01/11/2018	NOVAMED	10/01/2017	REM48501	COOSBOY
ACIDO TRANEXAMICO 100 MG/5 ML	160	AMP	2008M-011537-R1	60403	01/08/2019	ROPSHON	10/01/2017	REM48501	COOSBOY
CEFALEXINA 250MG/5ML SUSP	20	FCO	2009M-14116-R1	5810716	01/06/2019	GENFAR	10/01/2017	REM48501	COOSBOY
CLINDAMICINA 600 MG/4 ML	2000	AMP	2006M-0006293	A160334	01/03/2018	GENFAR	10/01/2017	REM48501	COOSBOY
DOBUTAMINA 250 MG/20 ML	20	AMP	2004M-0003960	14128625	01/12/2017	SICMA	10/01/2017	REM48501	COOSBOY
ENOXAPARINA 60 MG	300	AMP	2006M-0006074	9916	01/11/2018	CHALVER	10/01/2017	REM48501	COOSBOY
FLUOXETINA 0.4% X 60 ML	3	FCO	2009M-011550-R1	57022	01/08/2017	BUSSIE	10/01/2017	REM48501	COOSBOY
FLUORESEMIDA 40 MG	504	TAB	2005M-007577-R3	6M138004	01/08/2019	ECNOQUIMICA	10/01/2017	REM48501	COOSBOY

Fuente: Farmacia del Hospital Regional de Sogamoso

²² Todas las ordenes en Anexo CD, Carpeta Pedidos 2017

²³ Base completa, Anexo CD, Archivo: Recepción técnica de medicamentos y material médico quirúrgicos 2015-2017

12.5 Nivel de servicio actual de la farmacia.

No se encontró información sobre indicadores, o registros de demandas insatisfechas. En conversaciones con los responsables de farmacia, explican a los autores la imposibilidad de presentar medicamentos faltantes, ya que esta situación podría agravar la salud de un paciente, o incluso podría llegar a tener consecuencias fatales. Aun así, como contingencia ante eventos imprevistos dentro de la cadena de suministro, se informa al personal médico si hará falta algún medicamento, para que tomen la decisión de homologarlo con otro que si se encuentre en farmacia.

13 EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO

13.1 Diagnóstico de los métodos actuales

13.1.1 Determinación de la demanda

No existen métodos estándares para su cálculo. La toma de decisiones sobre los requerimientos de medicamentos para la demanda son responsabilidad de la experiencia del regente de farmacia. A pesar del tiempo que este lleva realizando estas tareas, el uso de métodos cuantitativos le permitiría a la entidad tener más precisión y certeza sobre la demanda potencial de sus medicamentos. Por otra parte, para la aplicación de dichos métodos se requiere adecuar los sistemas de registro e información; para el año de la elaboración del proyecto los registros de ventas se incluyen dentro de una base de datos proporcionada por el software CitySalud, el cual no consolida los datos por grupos, como medicamentos, material médico quirúrgico, servicios, u otros, sino que se limita a tener un registro histórico de ventas, tanto de servicios, como de productos. Obtener los consumos por medicamento resulta tedioso, el procedimiento tendría que ser individual, y el número de productos es elevado, además ya que CitySalud comenzó a funcionar en junio del 2017 los registros anteriores tienen nombres y códigos diferentes²⁴.

También en visitas a la entidad se observa que los registros iniciales de consumo parten de las fórmulas medicas realizadas por el personal médico del hospital, estos posteriormente se ingresan al sistema manualmente, bajo la responsabilidad de la auxiliar administrativa, quien además de esta actividad tiene otras funciones a su cargo. Como diariamente el número de dichas formulas es elevado, y el proceso de registro tarda, existe un periodo de al menos dos semanas de desfase, no se tiene en tiempo real el histórico de la demanda.

Finalmente, se recomienda a la entidad independizar los registros de consumo de medicamentos y material médico quirúrgico, de manera que se puedan emplear los datos con mayor flexibilidad, y en tiempo real.

13.1.2 Inventarios

Aunque dentro de uno de los manuales de procedimiento existe un método analítico de determinar las cantidades a pedir de los medicamentos requeridos, este es muy ambiguo, no se detalla el

²⁴ Esto se debe a que anterior a CitySalud, el software empleado por la entidad se denominaba 8.0 y en este se asignaron códigos diferentes.

cálculo de sus variables, y no se está aplicando en la entidad. Al igual que los pronósticos, es responsabilidad del regente de farmacia tomar decisiones sobre las cantidades de pedido y los periodos entre pedidos. El procedimiento se realiza en conjunto con los auxiliares de farmacia, se revisa por conteo los medicamentos dentro del inventario, se enlistan aquellos a los que les queden pocas existencias, esto bajo criterio del personal, la lista la toma el regente quien decide que cantidad pedir.

También, debido a que el cálculo de los requerimientos de la demanda no se está realizando con un criterio cuantitativo, estas cantidades a pedir generan incertidumbre, si se pide muy poco se corre el riesgo de quedarse sin medicamentos, y si se pide mucho se genera un costo de capital, y este podría emplearse en otros medicamentos, además por su exceso estos podrían vencerse.

13.2 Análisis sobre los costos:

Medicamento: La entidad cuenta con costos individuales de producto. Se incluyen en la lista oficial de medicamentos 2018 del Hospital.

Pedido: No se tiene ningún calculo relacionado a los costos de pedido, ya que para el manejo actual de los inventarios no ha sido relevante.

Almacenamiento: No se tienen cálculos relacionados a los costos de almacenamiento.

13.3 Análisis de los niveles de servicio.

A la fecha de la realización del proyecto no se tienen registro de indicadores sobre los niveles de servicio que presenta la farmacia.

13.4 Consolidación de la información recolectada.

13.4.1 Información general y demanda.

Para tener un manejo más eficiente de los datos recolectados se procedió a organizar la información. Se creó una plantilla en Excel que incluía:

Dentro de la hoja Generales y compras, se incluye información general sobre el medicamento, así como su historial de compras y un resumen sobre sus ventas.

Del listado oficial de medicamentos de la entidad se tomaron: Nombre del medicamento, código cum, código del medicamento, costo por unidad, la presentación actual, junto a su código Invima, y su laboratorio. También, de la base de datos de ventas se incluyeron los códigos por medicamento²⁵, por si se requiere una verificación. Se evidencia una muestra en la Tabla 13-1.

Tabla 13-1 Información general del medicamento²⁶

Medicamento	CEFALOTINA 1 G AMP			
CUM	19968153-01			
Codigo lista	7707236120900			
Codigos Base	130007	MED375		
Costo Unidad	\$	1.400		
Presentacion Actual	Ampollas			
Invima	2007M-007484R1			
Laboratorio	FARMALOGICA			

Fuente: Elaboración propia.

Del registro, Recepción técnica de medicamentos, Tabla 12-3, se extrajeron todos los datos para cada medicamento. Con la fecha de recepción y la fecha de vencimiento se calculó un promedio del tiempo de vida que tendría el medicamento después de llegar a la farmacia. En la Tabla 13-2 se adjunta una muestra de la información.

²⁵ La razón de la existencia de más de un código por medicamentos se explica en el Apartado 13.1.1 del presente proyecto.

²⁶ Plantilla en Anexo CD, Archivo: Plantilla.xlsx, Hoja: Generales y Compras, Archivos carpeta Plantillas Medicamentos.

Tabla 13-2 Registro histórico de pedidos²⁷

Historico de Pedidos									
DESCRIPCION	CANTIDAD	Forma Farmacéutica	Registro Sanitario	LOTE	F. VENCIM.	Marca	FECHA RECEPCIÓN	PROVEEDOR	DIAS REST.
CEFALOTINA X 1 GR	1900	AMP	2007M-007484-R1	CC140143	31/10/2017	VITALIS	21/01/2015	COOSBOY	1014
CEFALOTINA X 1 GR	100	AMP	2007M-007484-R1	C1140143	31/10/2017	VITALIS	21/01/2015	COOSBOY	1014
CEFALOTINA X 1 GR	100	AMP	2007M-007484-R1	C140141	01/10/2017	VITALIS	27/01/2015	COOSBOY	978
CEFALOTINA X 1 GR	2000	AMP	2007M-007484-R1	C140142	01/10/2017	VITALIS	03/03/2015	COOSBOY	943
CEFALOTINA X 1 GR	2000	AMP	2006M-0006691	2135114-1	01/07/2017	FARMALOGICA	28/04/2015	COOSBOY	795
CEFALOTINA X 1 GR	360	AMP	2006M-0006691	2135114-1	01/07/2017	FARMALOGICA	12/06/2015	COOSBOY	750
CEFALOTINA X 1 GR	2640	AMP	2006M-0006691	1855114-2	01/07/2017	FARMALOGICA	25/06/2015	COOSBOY	737
CEFALOTINA X 1 GR	202	AMP	2006M-0006691	1495114-2	01/04/2017	FARMALOGICA	05/11/2015	COOSBOY	513
CEFALOTINA X 1 GR	2400	AMP	2007M-007484-R1	C150123	01/10/2018	VITALIS	03/12/2015	COOSBOY	1033
CEFALOTINA X 1 GR	500	AMP	2006M-0006691	025116-4	01/06/2018	FARMALOGICA	18/03/2016	OC LA ECONOMIA	805
CEFALOTINA X 1 GR	500	AMP	2007M-007484-R1	C160002	01/01/2019	VITALIS	08/04/2016	OC LA ECONOMIA	998
CEFALOTINA X 1 GR	380	AMP	2006M-0006691	0	00/01/1900	FARMALOGICA	14/04/2016	COOSBOY	0
CEFALOTINA X 1 GR	860	AMP	2007M-007484-R1	C160029	01/03/2019	VITALIS	21/04/2016	OC LA ECONOMIA	1044
CEFALOTINA X 1 GR	140	AMP	2007M-007484-R1	C1600029	01/03/2019	VITALIS	28/04/2016	OC LA ECONOMIA	1037
CEFALOTINA X 1 GR	1000	AMP	2007M-007484-R1	c1600029	01/03/2019	VITALIS	03/05/2016	OC LA ECONOMIA	1032
CEFALOTINA X 1 GR	500	AMP	2007M-007484-R1	C160064	01/06/2019	VITALIS	22/07/2016	OC LA ECONOMIA	1044
CEFALOTINA X 1 GR	2000	AMP	2007M-007484-R1	C160085	01/07/2019	VITALIS	04/10/2016	OC LA ECONOMIA	1000
CEFALOTINA X 1 GR	1760	AMP	2006M-0006691	1325116-4	01/07/2019	FARMALOGICA	26/12/2016	COOSBOY	917
CEFALOTINA 1 GR	440	AMP	2006M-0006691	1715116-1	01/07/2019	FARMIONI	10/03/2017	COOSBOY	843
CEFALOTINA 1 GR	1000	AMP	2007M-007484-R1	C170019	01/02/2020	VITALIS	28/03/2017	OC LA ECONOMIA	1040
CEFALOTINA 1 GR	1560	AMP	2006M-0006691	135117-6	01/07/2019	FARMALOGICAS	29/03/2017	COOSBOY	824
CEFALOTINA 1 GR	4000	AMP	2007M-007484-R1	C170062	01/04/2020	VITALIS	18/07/2017	OC LA ECONOMIA	988
CEFALOTINA 1 GR	450	AMP	2008M-0008081	495317	01/05/2019	FARMALOGICA	14/08/2017	OC LA ECONOMIA	625
CEFALOTINA 1 GR	3000	AMP	2007M-007484-R1	C17010137	01/07/2020	VITALIS	30/10/2017	OC LA ECONOMIA	975
Total	29792						Promedio vencimiento		873

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, dentro de la hoja Generales y Compras, se incluye un resumen de ventas, que contiene, La fecha del primer registro de una venta, así como la fecha del último, el número de registros posibles, diario, semanal, mensual, trimestral y anual, y el número de registros que se encontraron, y un porcentaje de estos registros. El total de las ventas, y su promedio. Esto se muestra en la Tabla 13-3.

²⁷ Plantilla en Anexo CD, Archivo: Plantilla.xlsx, Hoja: Generales y Compras, Archivos carpeta Plantillas Medicamentos.

Tabla 13-3 Resumen de ventas²⁸

Resumen ventas					
Fecha inicio registros	01/01/2012				
Fecha final registros	31/12/2017				
	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
Registros posibles	2191	314	72	24	6
Numero de registros	2082	314	72	24	6
Porcentaje de informac	95%	100%	100%	100%	100%
Total ventas	80683				
Promedio ventas	37	257	1121	3362	13448
Compras 2015-2017	29792				

Fuente: Elaboración propia.

En la Hoja BD Ventas se consolidaron las ventas por días del medicamento. Posteriormente se agruparon las ventas por semanas, meses, trimestres y años, y se incluyeron en la hoja Resumen Ventas.

Se muestra una sección de estos datos en la Tabla 13-4.

²⁸ Plantilla en Anexo CD, Archivo: Plantilla.xlsx, Hoja: Generales y Compras, Archivos carpeta Plantillas Medicamentos.

Tabla 13-4 Resumen de ventas²⁹

Fecha Inicio	Fecha Final	Ventas	Fecha	Ventas	Fecha	Ventas	Fecha	Ventas
01/01/2012	02/01/2012	220	ene-2012	1054	Trim-1 2012	4506	2012	19452
08/01/2012	09/01/2012	207	feb-2012	1838	Trim-2 2012	4833	2013	14301
15/01/2012	16/01/2012	253	mar-2012	1614	Trim-3 2012	5133	2014	11022
22/01/2012	23/01/2012	265	abr-2012	1369	Trim-4 2012	4980	2015	11204
29/01/2012	30/01/2012	342	may-2012	1858	Trim-1 2013	4292	2016	11575
05/02/2012	06/02/2012	484	jun-2012	1606	Trim-2 2013	4059	2017	13129
12/02/2012	13/02/2012	356	jul-2012	1586	Trim-3 2013	3840	TOTAL	80683
19/02/2012	20/02/2012	432	ago-2012	1512	Trim-4 2013	2110		
26/02/2012	27/02/2012	531	sep-2012	2035	Trim-1 2014	2910		
04/03/2012	05/03/2012	465	oct-2012	1922	Trim-2 2014	2601		
11/03/2012	12/03/2012	339	nov-2012	1365	Trim-3 2014	2677		
18/03/2012	19/03/2012	315	dic-2012	1693	Trim-4 2014	2834		
25/03/2012	26/03/2012	297	ene-2013	1086	Trim-1 2015	2746		
01/04/2012	02/04/2012	322	feb-2013	1508	Trim-2 2015	3142		
08/04/2012	09/04/2012	230	mar-2013	1698	Trim-3 2015	2599		
15/04/2012	16/04/2012	411	abr-2013	1424	Trim-4 2015	2717		
22/04/2012	23/04/2012	350	may-2013	1174	Trim-1 2016	3580		
29/04/2012	30/04/2012	262	jun-2013	1461	Trim-2 2016	2491		
06/05/2012	07/05/2012	234	jul-2013	1708	Trim-3 2016	2595		
13/05/2012	14/05/2012	463	ago-2013	1366	Trim-4 2016	2909		
20/05/2012	21/05/2012	334	sep-2013	766	Trim-1 2017	2938		

Fuente: Elaboración propia.

También para realizar una observación inicial del comportamiento de la demanda, dentro del archivo se realizan gráficos de las series de tiempo, para el ejemplo se obtuvieron las gráficas de la Ilustración 13-1 y la Ilustración 13-2³⁰.

²⁹ Plantilla en Anexo CD, Archivo: Plantilla.xlsx, Hoja Resumen de ventas. Archivos carpeta Plantillas Medicamentos.

³⁰ Graficas en Anexo CD, Archivo: Plantilla.xlsx, Archivos carpeta Plantillas Medicamentos, Hojas: Dinámica semanas, meses, trimestres, años.

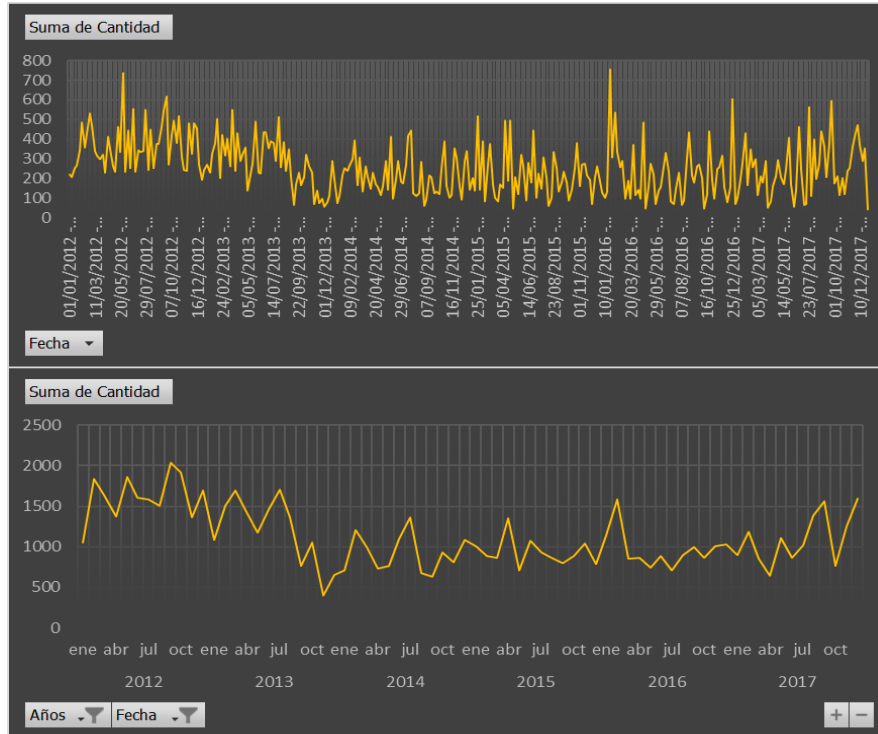
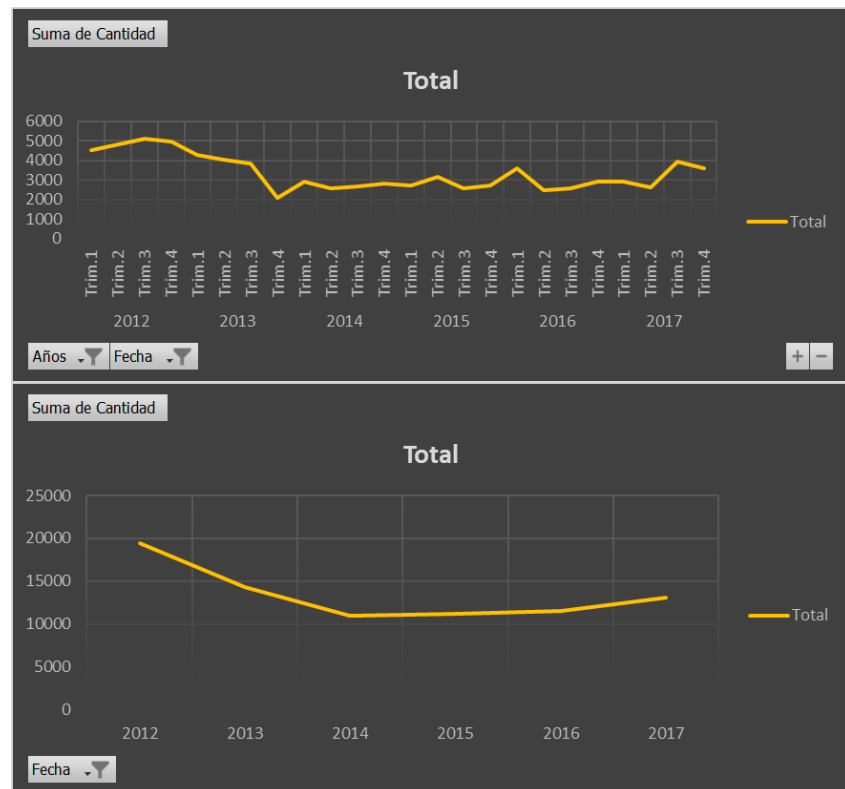


Ilustración 13-1
Muestra, serie de
tiempo semanal y
mensual del consumo.

Fuente: Elaboración
propia.

Ilustración 13-2 Muestra,
serie de tiempo trimestral
y anual del consumo.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez se realizaron las plantillas para cada uno de los medicamentos, se procedió con ayuda de una macro a consolidar la información dentro de un documento de Excel.

El documento incluye la información de ventas de los medicamentos por semanas, meses, trimestres y años, Se usó para cada uno de estos una hoja dentro del libro, donde se incluía:

- Información general: Nombre, Costo, Promedio de vencimiento
- Sobre la base de datos de ventas:

Fecha primer registro: es la primera fecha donde el registro de venta es diferente a cero.

Fecha del último registro: es la última fecha donde el valor del registro de venta es diferente a cero.

Numero de periodos en 6 años: es el total posible de los registros de ventas, su valor es fijo, representa el número de semanas, meses, o trimestres dentro de los 6 años.

Registros con ventas diferentes a cero: es el número de registros donde existió una venta.

Porcentaje de registros diferentes a cero: corresponde a la relación porcentual entre los registros con ventas diferentes a cero y el número de periodos posibles. Es decir, cual fue el porcentaje de los registros en que existieron ventas.

- Ventas: Incluye el total de ventas, y un promedio inicial de las ventas.

Finalmente se incluyen en las columnas siguientes los periodos en orden cronológico desde el 01 de enero de 2012 hasta el 31 de diciembre del 2017, y las ventas que se hicieron por medicamento

Se incluye una muestra de dicha base en la Tabla 13-5.

Tabla 13-5 Muestra de la base de datos consolidada³¹

Información General		
Nombre	Costo	Promedio Vencimiento
ACETAMINOFEN 325 MG + CODEINA FOSFATO 15 MG TAB	\$ 236	263
ACETAMINOFEN 500 MG TAB	\$ 29	673
ACETAMINOFÉN JARABE 150 MG/5 ML FCO X 60 ML	\$ 819	687
ACETATO DE MEDROXIPROGESTERONA 150 MG AMP	\$ 3.565	768

Datos base				
Fecha inicial de los registros	Fecha final de los registros	Numero de periodos en 6 años	Porcentaje de registros en 6 años	Registros con ventas diferentes a 0
17/07/2016	21/05/2017	314	4%	11
01/01/2012	31/12/2017	314	100%	314
01/01/2012	31/12/2017	314	100%	314
01/01/2012	31/12/2017	314	93%	292
05/02/2012	24/12/2017	314	32%	102

Ventas		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Promedio ventas	Total ventas	01/01/2012	08/01/2012	15/01/2012	22/01/2012
4,00	139	0	0	0	0
1.210,00	379.901	497	678	1035	828
250,00	78.320	179	226	151	146
17,00	5.223	6	6	1	1
8,00	2.372	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

13.4.2 Tiempos de espera

Para calcular el tiempo en que tardaría pedido en llegar a la farmacia, desde el momento en que se envió su orden hasta su recepción, se tomaron las ordenes de pedido otorgadas por la entidad (Anexo 21.2), dado que estas se encontraban separadas por proveedor y por pedido se decidió consolidar todas las ordenes en un solo documento Excel, en donde se descartaron los datos correspondientes al material médico quirúrgico y se tuvo en cuenta la siguiente información:

- Proveedor.
- Número del pedido

³¹ Base completa: Anexo CD, Archivo: Consolidada completa y selección Medicamentos.xlsx

- Medicamento.
- Cantidad ordenada.
- Fecha de pedido.

Dispuesta como se puede ver en la Tabla 13-6

Tabla 13-6 Resumen ordenes de pedido 2017³²

PROVEEDOR	PEDIDO	MEDICAMENTO	CANTIDAD	FECHA DE PEDIDO
O C LA ECONOMIA	23	LACTATO DE RINGER	2800	19/09/2017
MEDIFAR	9	LOSARTAN 50 MG	2000	22/09/2017
COOSBOY	1	AGUA OXIGENADA	30	1/01/2017
COOSBOY	1	AMINOFILINA 240mg/10ML	100	1/01/2017
COOSBOY	1	BICARBONATO DE SODIO POLVO	30	1/01/2017

Fuente: Elaboración propia.

Una vez consolidada la información se logró obtener 1210 registros, los cuales indican a que proveedor se solicitó el medicamento, que orden de pedido fue, la cantidad y la fecha en la cual fue hecho el requerimiento. Luego se procedió a realizar una comparación con los registros de recepción que la entidad maneja (Apartado 12.4). Dado que la demanda de los medicamentos se trabajó semanalmente, los tiempos de aprovisionamiento fueron tratados de igual manera

Ya que el número de registros era demasiado elevado para realizar una comparación de cada uno, se decidió realizar una selección de una muestra significativa. Se aplicó una ecuación estadística para proporciones poblacionales³³:

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) + z^2 * p * q}$$

En donde

n = tamaño de la muestra

z = nivel de confianza deseado

³²Base completa: Anexo CD, Archivo: Registro tiempos de espera.xlsx

³³Tomada de una calculadora de muestras de asesoría económica y marketing
http://www.corporacionaem.com/tools/calc_muestras.php

p =proporciones de la población con la característica deseada (Éxito)

q = proporciones de la población sin la característica deseada (fracaso)

e =nivel de error dispuesto a cometer

N =tamaño de la población.

Para el presente proyecto se aplicó la formula con un margen de error del 5%; un nivel de confianza de 95% y el tamaño de población de 1210, obteniendo como resultado una muestra igual a 293.

La selección de los registros a trabajar se hizo de manera aleatoria. Identificados dichos registros, se procedió a realizar la comparación con la base de datos de recepción (ver apartado 12-4) y así hallar el tiempo que un pedido tarda en llegar, así como se puede apreciar en la tabla 13-7.

Tabla 13-7 Comparación ordenes de pedido vs registros de recepcion³⁴

PROVEEDOR	PEDIDO	MEDICAMENTO	CANTIDAD	FECHA DE PEDID	FECHA DE RECEP	LT SEMANAS
COOSBOY	1	CEFALEXINA 250 MG/5ML	20	1/01/2017	10/01/2017	1,28571429
COOSBOY	1	ACETAMINOFEN 500 MG	20000	1/01/2017	10/01/2017	1,28571429
COOSBOY	1	AGUA OXIGENADA	30	1/01/2017		
COOSBOY	1	AMINOFILINA 240mg/10ML	100	1/01/2017		

Fuente: Elaboración propia.

13.4.2.1 Prueba de normalidad.

Una vez seleccionado los 293 tiempos de entrega se decide aplicar dos pruebas de normalidad, Shapiro Wilk y Anderson Darling. Aunque inicialmente se piensa en la realización de una prueba de bondad de ajuste de Kolmogórov-Smirnov se descarta la idea, dentro del artículo “Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿qué estadístico utilizar?” se concluye que: la prueba clásica de Kolmogórov-Smirnov se considera absolutamente ineficaz independientemente del tamaño muestral.(Pedrosa, Juarros-Basterretxea, Robles-Fernández, Basteiro, & García-Cueto, 2015) también describe las otras dos pruebas como más precisas:

³⁴ Base completa: Anexo CD, Archivo: Registro tiempos de espera.xlsx



“La prueba de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965) es una de las más consolidadas y con mayor potencia estadística entre las existentes actualmente (Arcones & Wang, 2006). Su fundamento estadístico está basado en una gráfica de probabilidad en la que se considera la regresión de las observaciones sobre los valores esperados de la distribución hipotetizada, en donde su estadístico W representa el cociente de dos estimaciones de la varianza de una distribución normal.”

Finalmente describe que cuando se analizan muestras de gran tamaño, se considera la prueba de Shapiro-Wilk como la mejor para poner a prueba la hipótesis nula y comprobar el ajuste de los datos a la distribución normal. Se incluye también las pruebas de Anderson Darling con el propósito de comparar sus resultados.

Para la aplicación de estas pruebas se usó el complemento de Excel XLSTAT, en la Tabla 13-8 se observan los resultados de estas pruebas:

Tabla 13-8 Resultados prueba Shapiro-Wilk y Anderson-Darling³⁵

Prueba de Shapiro-Wilk (LT SEMANAS):	
W	0,675
valor-p (bilateral)	< 0,0001
alfa	0,05
Interpretación de la prueba:	
H0: La variable de la cual se extrajo la muestra sigue una distribución Normal.	
Ha: La variable de la cual se extrajo la muestra no sigue una distribución Normal.	
Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.	
El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es inferior al 0,01%.	

Fuente: XLStat

³⁵ Resultados en: Anexo CD, Archivo Test de normalidad, tiempos de espera.xlsx

Prueba de Anderson-Darling (LT SEMANAS):

A ²	31,224
valor-p (bilateral)	< 0,0001
alfa	0,05

Interpretación de la prueba:

H0: La variable de la cual se extrajo la muestra sigue una distribución Normal.

Ha: La variable de la cual se extrajo la muestra no sigue una distribución Normal.

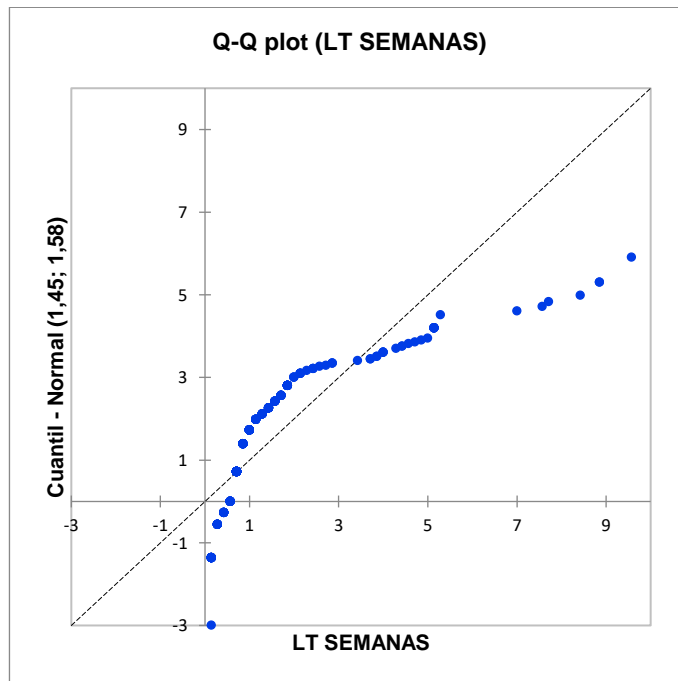
Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es inferior al 0,01%.

Fuente: XLStat

Ambas pruebas rechazan la hipótesis de que los datos sigan una distribución normal.

Ilustración 13-3 Grafica de puntuaciones normales



Fuente: XLStat

También se le pide al software que realice una gráfica de puntuaciones normales, R. A.-. Johnson (2012, p. 166) explica que aunque estas implican un elemento de juicio subjetivo, los procedimientos gráficos son los más útiles para detectar desviaciones serias de la normalidad. Los

histogramas pueden comprobarse por falta de simetría. Una sola cola larga ciertamente contradice la suposición de una distribución normal. Sin embargo, otra gráfica normal, llamada gráfica de puntuaciones normales o gráfica de cuantiles normales, es incluso más efectiva para detectar las desviaciones de la normalidad.

La interpretación se interpreta de acuerdo a como lo explica Johnson (2012, p. 166),

“si los datos provinieran de una distribución normal estándar, se esperaría que la i -ésima observación más grande se aproximara a la i -ésima puntuación normal, de modo que la gráfica de puntuaciones normales parecería una línea de 45° a través del origen.”

Es decir, se esperaría que los datos reales estuvieran más cerca de la línea puntada. Se evidencia en la Ilustración 13-3 que los datos no siguen una distribución normal, y se decide expresar su comportamiento con una distribución empírica, estos resultados se evidencian en la Tabla 13-9:

Tabla 13-9 Distribución empírica tiempos de espera

INTERVALO	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA
0 - 1	180	61,43%
1 - 2	67	22,87%
2 - 3	14	4,78%
3 - 4	9	3,07%
4 - 5	23	7,85%
	293	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

Se decide tomar como marca de clase los números enteros del límite superior del intervalo, con lo que se obtienen los resultados de la Tabla 13-10 y la Ilustración 13-4:

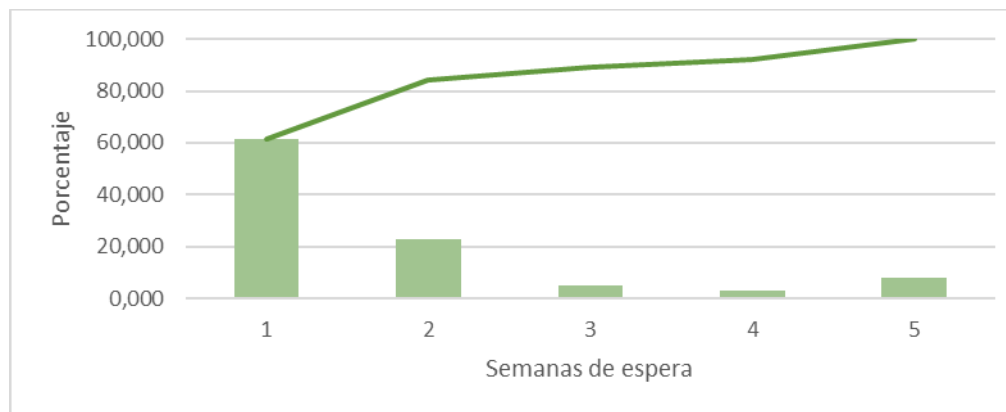
Se ve como al menos el 84% de los pedidos llegan entre una y dos semanas, el otro 16% se distribuye entre las semanas 3,4, y 5.

Tabla 13-10 Probabilidad de tiempos de espera

LT	%
1	61,433
2	22,867
3	4,778
4	3,072
5	7,850
	100,000

Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 13-4 Probabilidad de los tiempos de espera



Fuente: Elaboración propia.

13.5 Calculo de los costos

13.5.1 Costo del producto.

En el apartado 12.2 se aclara que dentro del listado oficial de medicamentos que tiene la entidad para el año 2018 se incluye el costo por unidad del medicamento.

Como se explicó en el apartado 13.2 actualmente no se tienen calculado los costos de pedir y mantener los medicamentos en la farmacia. Solo se tiene el costo de compra del producto.

Se procedió entonces a calcular los costos faltantes:

13.5.2 Costo de pedido

Para determinar el costo que se asumía por la realización de un pedido a los proveedores se visitó la entidad con el propósito de determinar quiénes son las personas implicadas en el proceso,

determinar el tiempo durante que intervienen, y el costo que estaba asumiendo la entidad por sus servicios. Se obtuvo la siguiente información:

Durante el proceso intervienen el químico farmacéutico, el regente de farmacia y el auxiliar de farmacia. Sus salarios básicos se tomaron del estudio previo solicitado por la subgerencia científica en el que se requiere contratar personal calificado y entrenado, que hace parte de la convocatoria pública No. 012 del 2018 la cual busca:

“Apoyar temporal mediante el envío de trabajadores en misión al proceso de gestión farmacéutica (farmacia), para realizar adecuadamente los procesos de planificación del servicio, adquisición, clasificación, almacenamiento, dispensación, entrega en pisos y ambulatorio de insumos y medicamentos, y para la realización de la gestión en general del servicio farmacéutico, con personal suficiente y capacitado para que el hospital pueda cumplir con su objeto social como entidad hospitalaria de II nivel de atención de acuerdo a los objetivos, requerimientos, condiciones y necesidades descritas, con oportunidad, eficiencia y eficacia.”³⁶

. Dentro del personal se incluyen los tres cargos, y su salario básico, como se muestra en la Tabla 13-11 Salarios personal de farmacia:

Tabla 13-11 Salarios personal de farmacia

SERVICIO	VALOR BÁSICO MENSUAL POR PERSONA
QUÍMICO FARMACÉUTICO	\$2.520.128
REGENTES DE FARMACIA ASISTENCIAL	\$1.038.336
REGENTES DE FARMACIA ADMINISTRATIVO	\$1.290.640
AUXILIAR DE FARMACIA	\$973.440

Fuente: Convocatoria pública No. 012 del 2018, Hospital Regional de Sogamoso.

Posteriormente se calcularon las prestaciones sociales que la entidad debía cubrir como empleador para dichos cargos, y se muestran en la Tabla 13-12:

³⁶ Tomado de la convocatoria No 12 del 2018,
<https://www.hospitalsogamoso.gov.co/index.php/contratacion/proceso-de-seleccion-de-mayor-cuanta>

Tabla 13-12 Prestaciones sociales personal de farmacia³⁷

Ocupacion	Salario base	Aportes Salud	Aportes Pension	Aportes RL	Aportes SENA	Aporte ICBF	Aportes Caja de compensacion	Total Mes
Auxiliar de Farmacia	\$ 973.440	\$ 82.742	\$ 116.813	\$ 5.081	\$ 19.469	\$ 29.203	\$ 38.938	\$ 1.265.686
Regente de Farmacia	\$ 1.290.640	\$ 109.704	\$ 154.877	\$ 6.737	\$ 25.813	\$ 38.719	\$ 51.626	\$ 1.678.116
Quimico Farmaceutico	\$ 2.520.128	\$ 214.211	\$ 302.415	\$ 13.155	\$ 50.403	\$ 75.604	\$ 100.805	\$ 3.276.721

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenido el salario mensual junto a sus prestaciones sociales se calculó el costo por minuto para cada cargo y se muestran en la Tabla 13-13:

Tabla 13-13 Costo por minuto, personal de farmacia

Ocupacion	Total Mes	Total Semana	Total Dia	Total Hora	Costo Min
Auxiliar de Farmacia	\$ 1.265.686	\$ 316.422	\$ 10.547	\$ 1.318	\$ 22
Regente de Farmacia	\$ 1.678.116	\$ 419.529	\$ 13.984	\$ 1.748	\$ 29
Quimico Farmaceutico	\$ 3.276.721	\$ 819.180	\$ 27.306	\$ 3.413	\$ 57

Fuente: Elaboración propia.

Se tomaron los tiempos que cada uno de los cargos requería para realizar sus tareas, y se calculó el costo total de un pedido. La Tabla 13-14 muestra las actividades que se realizan en el proceso de pedido y recepción, junto a su descripción, responsable, tiempo empleado y costo de la actividad, al final de la misma se muestra el costo total:

³⁷ Calculo en: Anexo CD, Archivo: Costo de pedido.xlsx

Tabla 13-14 Costo por pedido³⁸

	Actividad	Descripción de la actividad a realizar	Responsable	Costo Minuto	Tiempo (Min)	Costo
Pedido	Revision inventario	Revision inventario actual, mediante un conteo físico se identifican las cantidades disponibles en el inventario	Auxiliar de Farmacia	\$ 21,97	240	\$ 5.273,69
	Realizacion orden de pedido	Tomar la revision del inventario, y la compara con un nivel establecido, y determina la cantidad de pedido	Regente de Farmacia	\$ 29,13	60	\$ 1.748,04
	Aprovacion orden de pedido	Revisar y aprobar orden de pedido	Quimico Farmaceutico	\$ 56,89	15	\$ 853,31
	Enviar orden	Enviar orden al proveedor	Regente de Farmacia	\$ 29,13	10	\$ 291,34
Recepción	Comparar pedido vs factura	Verificar que los items en la factura sean los mismos que se recepcionaron	Auxiliar de Farmacia	\$ 21,97	120	\$ 2.636,85
	Verificacion por muestreo	Verificar el estado de los medicamentos	Quimico Farmaceutico	\$ 56,89	15	\$ 853,31
	Ingreso de factura a CitySalud	Actualizar el nivel de inventario	Regente de Farmacia	\$ 29,13	120	\$ 3.496,07
	Verificacion orden de pedido vs factura	Verificar si la orden de pedido llego completa, en un caso negativo, llamar a proveedor	Regente de Farmacia	\$ 29,13	25	\$ 728,35
TOTAL						\$ 15.880,96
Por pedido						\$ 934,17

Fuente: Elaboración Propia.

Teniendo en cuenta que el proyecto solo incluye medicamentos, y la entidad también le compra a los mismos proveedores material médico quirúrgico, no se puede usar un costo total de pedido. Por lo mismo se toma la decisión de reducir el costo por pedido a costo por pedido por medicamento, de esta manera garantizamos que sin importar el número de medicamentos³⁹ diferentes a pedir en una misma orden el costo se ajustara. También por la misma razón se descarta la realización de una política basada en pedidos por conjunto, a pesar de que estos se realizaran de esta manera, solo hasta el momento del pedido se decidirá que medicamentos pedir.

Para el cálculo del costo de pedido por medicamento se tomaron todas las ordenes de pedido del año 2017, y se realizó un cálculo del promedio de medicamentos diferentes por pedido. Como muestra la Tabla 13-15 se obtuvo que se piden en promedio 17 medicamentos diferentes por orden de pedido.

³⁸ Calculo en: Anexo CD, Archivo: Costo de pedido.xlsx

³⁹ Para evitar la ambigüedad se aclara que al referirse a número de medicamentos se habla de tipos de medicamentos, no de las unidades por medicamento.

Tabla 13-15 Promedio de medicamentos por pedido⁴⁰

PROVEEDOR	PEDIDO	MEDICAMENTOS POR PEDIDO
MEDIFAR	5	3
O C LA ECONOMIA	5	1
COOSBOY	4	16
MEDIFAR	4	9
O C LA ECONOMIA	4	2
O C LA ECONOMIA	3	37
COOSBOY	3	16
MEDIFAR	3	6
O C LA ECONOMIA	2	11
MEDIFAR	2	4
COOSBOY	2	1
COOSBOY	1	27
MEDIFAR	1	4
PROMEDIO		17

Fuente: Elaboración propia

TOTAL	\$ 15.880,96
Total / 17	\$ 934,17

Finalmente, el cálculo determina que el costo de pedir un tipo de medicamento en una orden de pedido es de \$934,17 pesos.

13.5.3 Costo por mantener

Para la determinación del costo que tiene mantener un medicamento en la farmacia de la entidad se tuvieron en cuenta los siguientes análisis:

- La bodega en la que se almacenan los medicamentos se comparte con los materiales medico quirúrgicos.
- Por el tamaño de los mismos el espacio requerido para almacenar una píldora o varias no es muy relevante.
- Los costos de energía, vigilancia, locación y seguros no varían según el número de medicamentos.

⁴⁰ Anexo CD, Archivo: Promedio medicamentos por pedido.xlsx

- El espacio donde se almacenan es propio, no se tiene un costo por arrendamiento, además por el tiempo transcurrido desde la construcción del edificio el costo por depreciación es irrelevante.

Por otra parte, el costo de capital, y el costo de oportunidad si es relevante, si en la farmacia se tiene exceso de inventario de un medicamento que no suele rotar mucho, se podría usar lo invertido en este para otro tipo de medicamento, o para otro proyecto en la entidad. Se encuentra que el costo de capital para el sector público en Colombia es de un 12% Anual⁴¹.

Al igual que el costo por pedido, el costo por mantener en inventario se calculará de manera individual, y equivaldrá al 12% del costo por unidad del medicamento.

13.6 Selección de los medicamentos a trabajar.

Finalmente, en acuerdo con la entidad se procedió a seleccionar los medicamentos a los que se les desarrollaría la política de inventario, dentro de los criterios de selección se encuentran:

- Información suficiente.
- Que el porcentaje de registros de ventas diferentes a cero supere el 75%, este criterio se fundamentó en un acuerdo con el hospital, requieren la política para los medicamentos que más movimiento tienen dentro de la farmacia. Bajo su consideración los medicamentos que se vendieron en al menos tres cuartas partes del tiempo se debían trabajar.

Luego de la organización por medicamento, Apartado 13.4.1, se descartaron 43 medicamentos, de los cuales no se encontró registro de ventas, o tenían presentaciones diferentes a la del listado oficial de medicamentos 2018.

Usando la base consolidada semanal⁴² se verificaron los criterios, y obtuvo que 99 medicamentos cumplían las condiciones. Se anexa este listado final en el Anexo 21.1.

⁴¹ Tomado de: La evaluación social de proyectos en América Latina, uso y desafíos, Eduardo Aldunate, Área de políticas presupuestarias y gestión pública, ILPES/CEPAL

⁴² Base completa: Anexo CD, Archivo: Consolidada completa y selección Medicamentos.xlsx

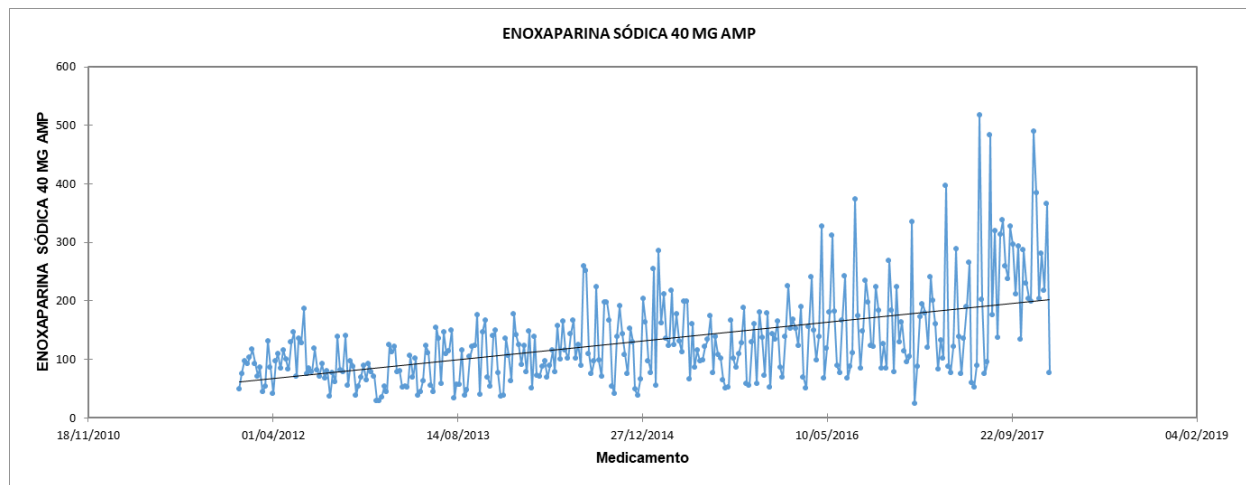
14 DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA

14.1 Análisis series de tiempo.

Antes de la aplicación de los métodos de pronóstico, se realizó un análisis a las series de tiempo, su objetivo era tener un primer acercamiento al comportamiento de las series de datos. Se inició con una verificación visual de las mismas, examinando la posible existencia de estacionalidades o tendencias, así como el rastro de datos atípicos.

Algunas de las series se muestran en las ilustraciones: Ilustración 14-1, Ilustración 14-2, Ilustración 14-3, e Ilustración 14-4:

Ilustración 14-1 Ejemplo serie de tiempo con tendencia⁴³

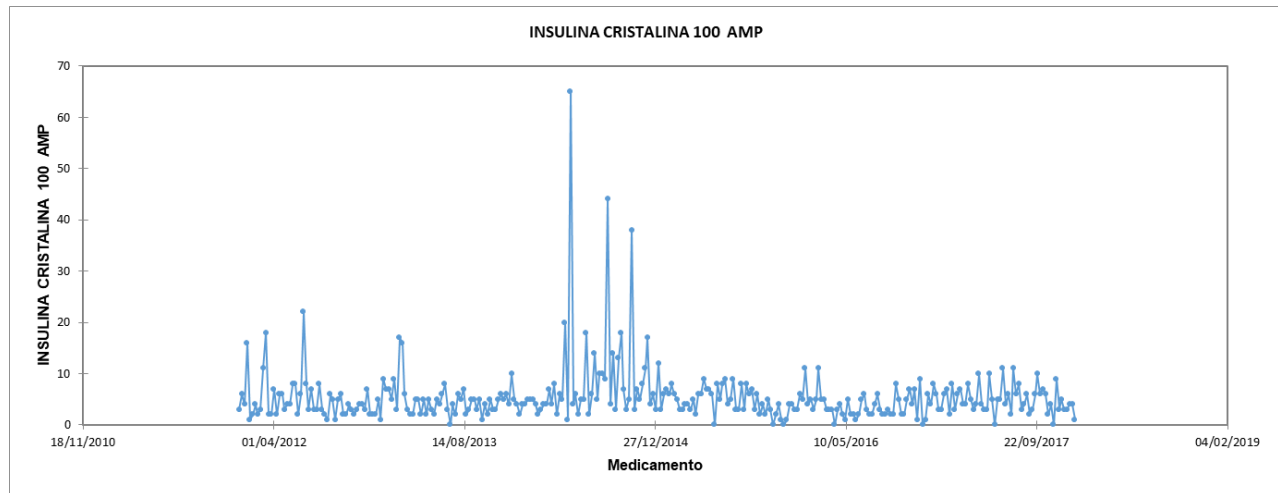


Fuente: Elaboración propia.

Se evidencia en algunas de las series de tiempo, como la mostrada en la Ilustración 14-1 la existencia de una tendencia creciente.

⁴³ Graficas: Anexo CD, Archivo: Gráficos serie originales.xlsm

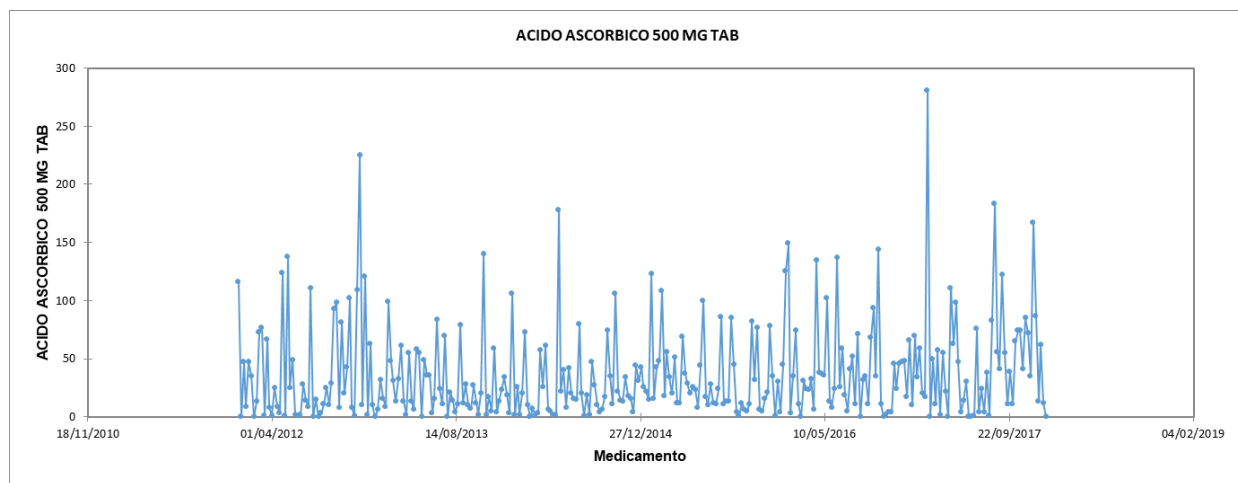
Ilustración 14-2 Ejemplo serie de tiempo con datos atípicos⁴⁴



Fuente: Elaboración propia.

También se observa como en la mayoría de las series se presentan datos atípicos, que afectaran la determinación del comportamiento de la demanda.

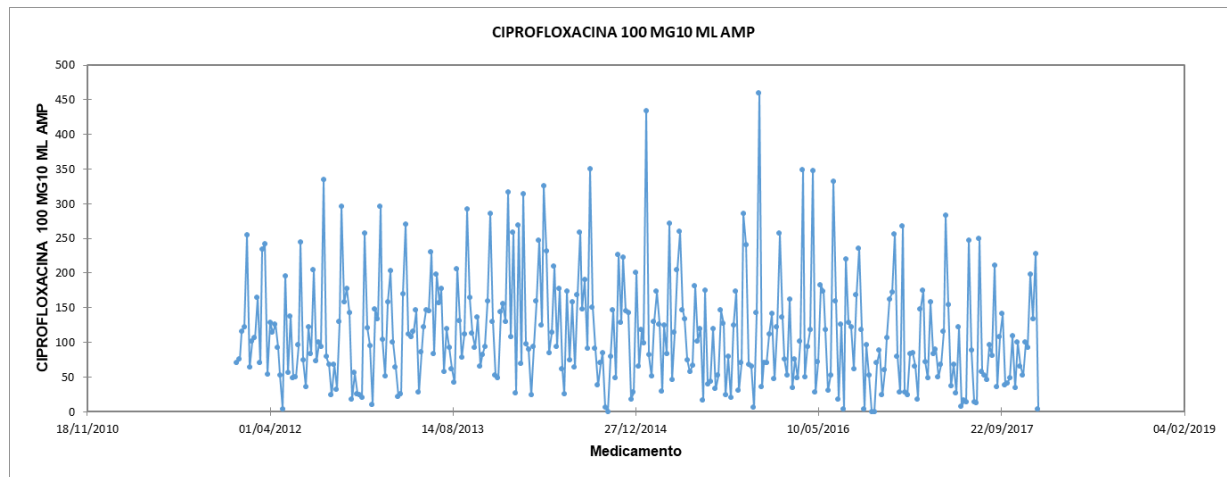
Ilustración 14-3 Ejemplos, serie de tiempo datos poco homogéneos



Fuente: Elaboración propia.

⁴⁴ ⁴⁴ Graficas: Anexo CD, Archivo: Gráficos serie originales.xlsm

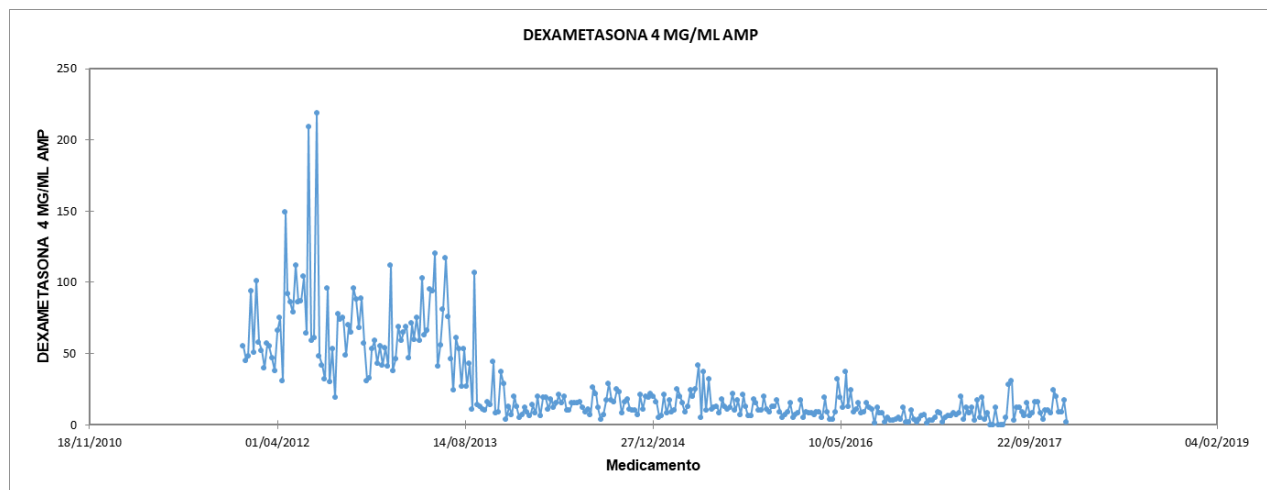
Continuación ilustración, ejemplos, serie de tiempo datos poco homogéneos



Fuente: Elaboración propia.

Muchas de las series no muestran visualmente el comportamiento de tendencias, o estacionalidades, muestran una falta de homogeneidad en los datos.

Ilustración 14-4 Ejemplo, serie de datos con puntos de cambio⁴⁵



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, como muestra la Ilustración 14-4 algunos de los medicamentos muestran puntos de cambio dentro de la serie, lo que sesgaría el estudio, en el ejemplo se evidencia como entre el 2013

⁴⁵ ⁴⁵ Graficas: Anexo CD, Archivo: Gráficos serie originales.xlsm

y 2014 el consumo del medicamento se reduce notablemente, los datos anteriores a este corte elevarían el valor del consumo promedio.

Antes de continuar con el proyecto se realizó un análisis sobre los datos atípicos, y sobre la homogeneidad de los mismos.

14.1.1 Determinación de datos atípicos

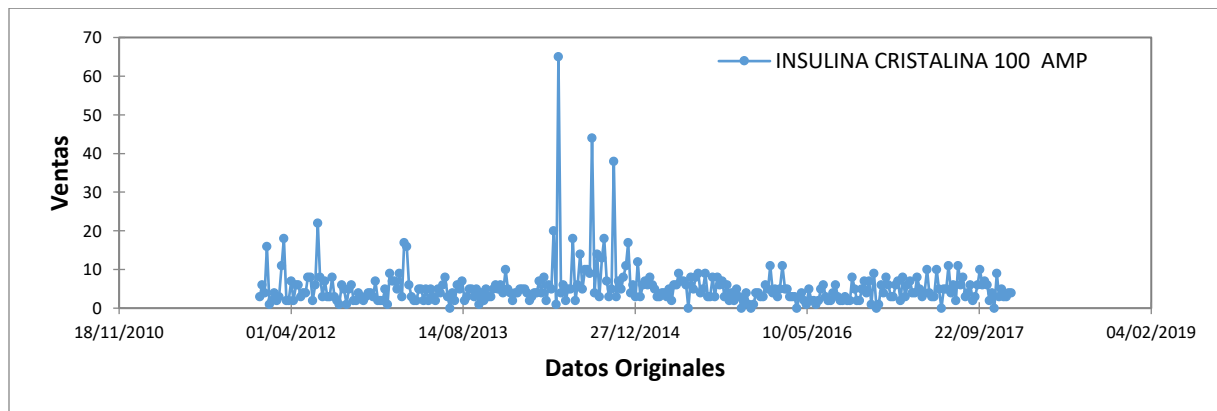
Se aplicaron diferentes métodos para el cálculo de los datos atípicos. Teniendo como criterio que los datos son ventas reales y que no se pueden excluir del estudio una gran cantidad de registros, se eligió el método más acertado.

Para tener un primer acercamiento a el rastro de los datos atípicos que pudieran estar presentes se calcularon las medias, y las desviaciones estándar para cada medicamento. Se determinaron límites para lo que se consideraría un dato típico:

- Límite Superior: Media + 3*Desviación estándar
- Límite Inferior: Media - 3*Desviación estándar

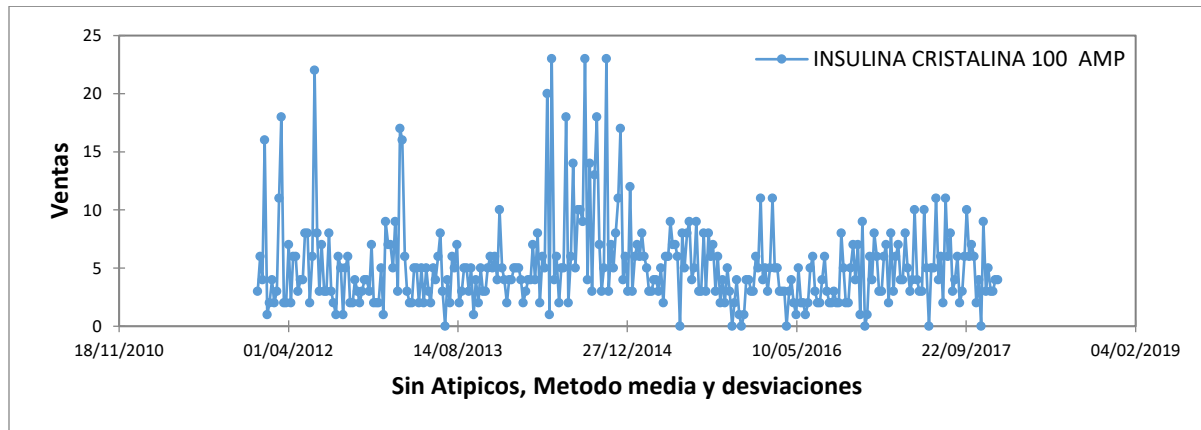
Posteriormente todo valor fuera de estos límites se reemplazaría por el valor del límite, es decir que este tomaba su lugar, de esta manera se garantiza que si existen estacionalidades no las elimine de la serie. En la Ilustración 14-5 se muestra un ejemplo de los datos reales de la serie, y enseguida, en la Ilustración 14-6, la serie sin los datos atípicos empleando este método.

Ilustración 14-5 Serie de datos original, ejemplo, Insulina Cristalina 100 AMP



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 14-6 Serie de datos sin atípicos, método media-desviación ⁴⁶



Fuente: Elaboración propia.

También se aplicaron métodos de dispersión para el cálculo de datos atípicos, usando rango intercuartil y rango inter-percentil entre 20 y 80.

Método detección atípicos usando cuartiles. Se aplicó el método descrito por Triola (2013, p. 124): Se halló la mediana de los datos, su cuartil 1, su cuartil 3, se halló el rango intercuartil, y finalmente se definieron los límites así:

- Límite superior: Mediana + 1.5*Rango intercuartil
- Límite inferior: Mediana – 1.5*Rango intercuartil

Se muestra una sección del cálculo de los límites en la Tabla 14-1

Tabla 14-1 Muestra del cálculo de los límites usando método intercuartil ⁴⁷

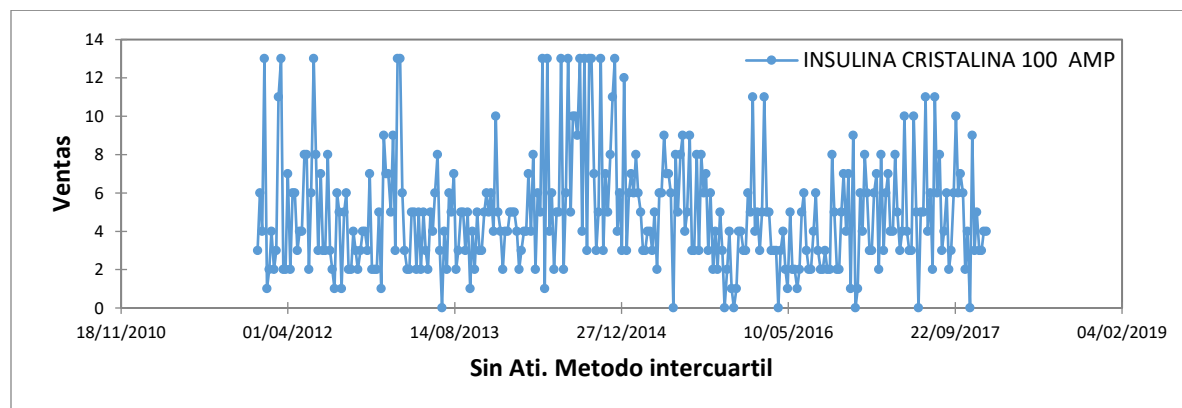
Cuartiles 1-3							
Mediana	Cuartil1	Cuartil2	Rango intercuartil	RIC1-3 * 1,5	Límite Inf	Lim Sup	# Atipicos
1086	212	1454	1242	1863	0	2949	5
246	24	311	287	430,5	0	676,5	0
13	0	25	25	37,5	0	50,5	6

Fuente: Elaboración propia.

⁴⁶ Graficas: Anexo CD, Archivo: Gráficos serie originales.xlsm

⁴⁷ Base completa: Anexo CD, Archivo: Series, calculo Atipicos.xlsx

Ilustración 14-7 Eliminación de atípicos usando el método intercuartil⁴⁸

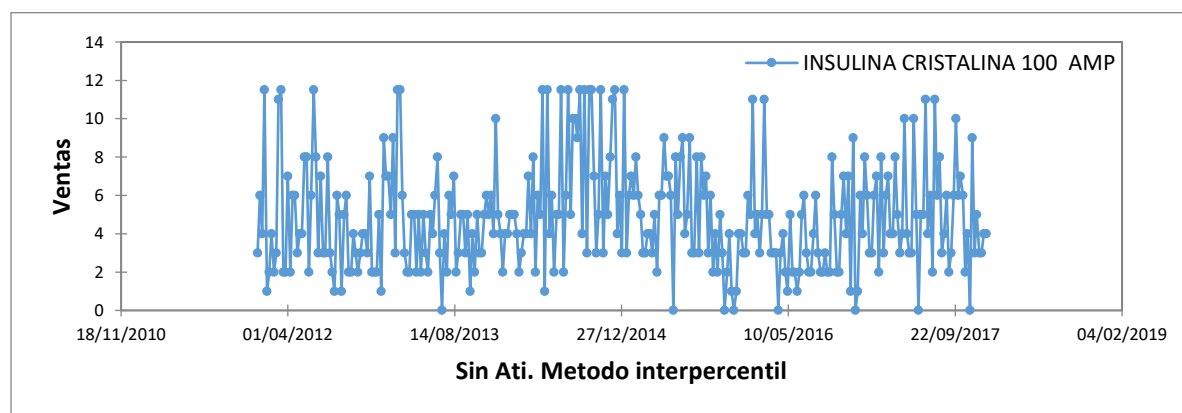


Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra la serie de datos de la Ilustración 14-7 reemplazando los datos atípicos encontrados por los límites calculados.

De la misma manera se realizó el cálculo reemplazando los cuartiles por los percentiles 20 y 80, nuevamente se desarrolló el gráfico reemplazando los atípicos, este se muestra en la Ilustración 14-8

Ilustración 14-8 Eliminación de atípicos usando método interpercentil



Fuente: Elaboración propia.

⁴⁸ Graficas: Anexo CD, Archivo: Gráficos serie originales.xlsm

Finalmente, se aplicó un método analítico para la detección de outliers, el método de Grubbs. Con ayuda de un complemento de Excel, XLStat, se calcularon los límites donde los datos se considerarían como típicos.

“Dos de las pruebas estadísticas utilizadas con mayor frecuencia en un grupo de datos único son la prueba de Dixon y la prueba de Grubbs. La prueba de Grubbs utiliza una estadística de prueba, T , que es la diferencia absoluta entre el valor atípico, X_o , y el promedio de la muestra dividida por la desviación estándar de la muestra, s^{49} .”

Se configuró en complemento para que mostrara los valores de Z que se le darían a cada valor, teniendo un nivel de confianza del 95%. Los valores cuyo valor de Z sea superior a 3 se consideran atípicos. Se muestra un ejemplo de los datos obtenidos en la Tabla 14-2 y en la Ilustración 14-9

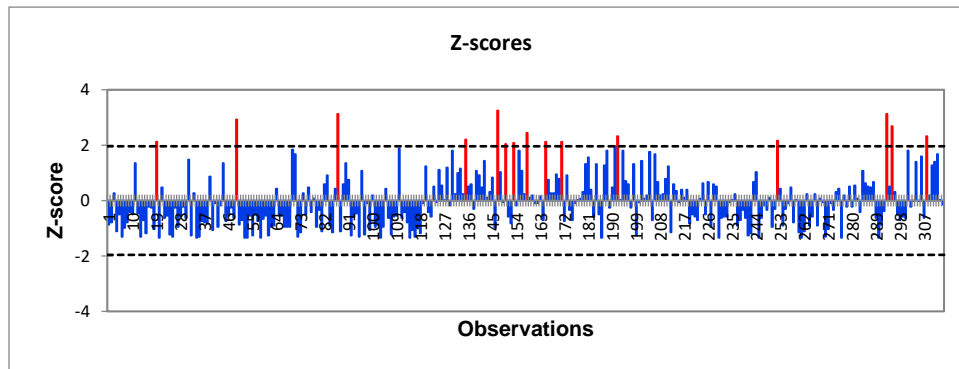
Tabla 14-2 Valores z obtenidos con el método de Grubbs

Value	Z-Score
65,0000	10,642
44,0000	6,893
38,0000	5,821
22,0000	2,964
20,0000	2,607
18,0000	2,250
18,0000	2,250

Fuente: XLStat

⁴⁹ Tomado de la página de la ASTM, Manejo de valores atípicos, Como se evalúa un valor aberrante o inconsistente único, por Thomas Murphy y Alex T. Lau.
https://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPND08/datapoints_spnd08.html

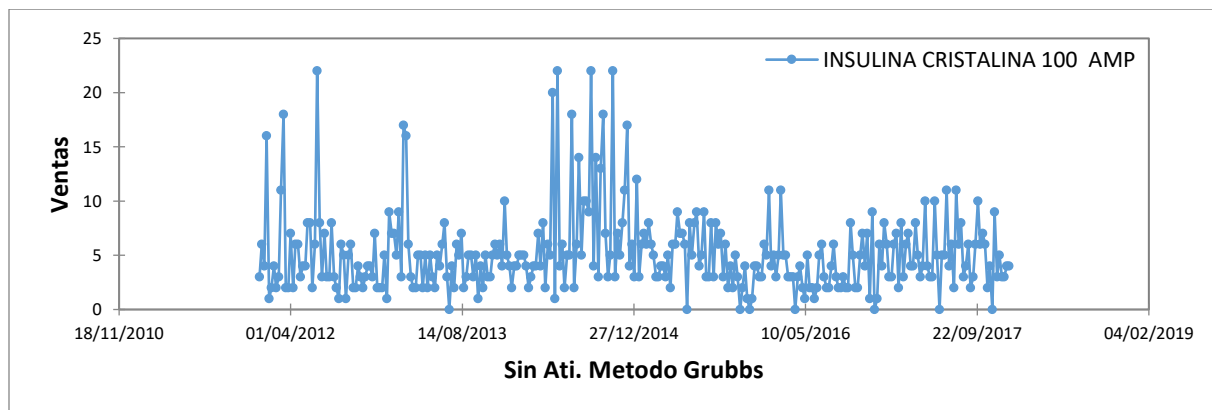
Ilustración 14-9 Valores z obtenidos con Grubbs



Fuente: Prueba de Grubbs en XLStat

La Tabla 14-2 muestra la cantidad de la venta, y su valor calculado de z mediante el método de Grubbs, los valores de 65, 44, y 38 se consideran atípicos, y se reemplazaran en la serie de datos con el ultimo valor aceptado, es decir 22.

Ilustración 14-10 Serie de datos eliminando atípicos, método Grubbs



Fuente: Elaboración Propia.

Se observa en la Ilustración 14-10 como usando este método se obtiene una serie de datos con más homogeneidad, sin dejar a un lado el criterio principal de decisión.

Después de la aplicación de todos los métodos se realizó un análisis de los resultados de cada uno, se incluye dicho análisis en la Tabla 14-3

Tabla 14-3 Comparación métodos determinación de atípicos⁵⁰

Sin Atípicos Método media y desviaciones		
	Media	Desviación
Promedio de Variación ⁵¹	1,6%	7,8%
Máxima Variación	10,4%	52,2%
Mínima Variación	0,1%	0,4%
Número Total de Atípicos	428	
Promedio de atípicos por medicamento	4,323232323	
Número máximo de atípicos	9	
Número mínimo de atípicos	1	
Sin Atípicos Método intercuartil		
	Media	Desviación
Promedio de Variación	4,8%	15,0%
Máxima Variación	31,4%	65,5%
Mínima Variación	0,0%	0,0%
Número Total de Atípicos	1228	
Promedio de atípicos por medicamento	12,4040404	
Número máximo de atípicos	39	
Número mínimo de atípicos	0	
Sin Atípicos Método interpercentil		
	Media	Desviación
Promedio de Variación	5,1%	17,4%
Máxima Variación	28,9%	62,9%
Mínima Variación	0,4%	2,3%
Número Total de Atípicos	1565	
Promedio de atípicos por medicamento	15,80808081	
Número máximo de atípicos	37	
Número mínimo de atípicos	3	

Fuente: Elaboración propia

⁵⁰ Tomado de: Anexo CD, Archivo: Series, calculo Atipicos.xlsx

⁵¹ Para todas las variaciones: al eliminar los datos extremos el valor de la media y la varianza disminuye.

Continuación tabla 14-3 comparación métodos determinación de atípicos

Sin Atípicos Método Grubbs		
	Media	Desviación
Promedio de Variación	1,9%	8,8%
Máxima Variación	11,7%	53,2%
Mínima Variación	0,2%	0,7%
Número Total de Atípicos	454	
Promedio de atípicos por medicamento	4,585858586	
Número máximo de atípicos	9	
Número mínimo de atípicos	1	

Fuente: Elaboración propia

Dentro de la Tabla 14-3 se incluye para cada método:

- Promedio de variación, se calcularon las diferencias porcentuales entre el valor de la media de las ventas de cada medicamento, con el valor de la misma reemplazando los valores atípicos por sus límites. Este procedimiento también se desarrolló para la desviación estándar. Finalmente se calcularon el promedio de estas variaciones para la media, y la desviación estándar. Este valor define cuanto cambian las medias y las desviaciones de todas las series usando los diferentes métodos para el cálculo de los valores atípicos.
- Máxima y mínima variación: es el valor máximo y mínimo de las variaciones de la media y la desviación original y las mismas cambiando los datos atípicos.
- Número total de atípicos: es la suma de los valores atípicos de cada medicamento.
- Promedio de atípicos por medicamento.
- Máximo y mínimo número de atípicos, corresponde al valor más alto y más bajo del número de datos atípicos dentro de las series de datos.

Finalmente, se descartaron los métodos de dispersión, su elevado número de datos a reemplazar afectarían en mayor medida las series de datos que los otros dos métodos. Por criterio de los autores se elige el método de Grubbs, y se crea una nueva base datos, reemplazando los valores hallados como atípicos por sus límites. El método determina que solo existen datos atípicos por encima de

la media. Ya que el número de datos atípicos sigue siendo elevado, solo se rastrearán las causas de los atípicos que hayan generado mayor variación en su media y su desviación estándar.

Tabla 14-4 Series con cambios notables por atípicos⁵²

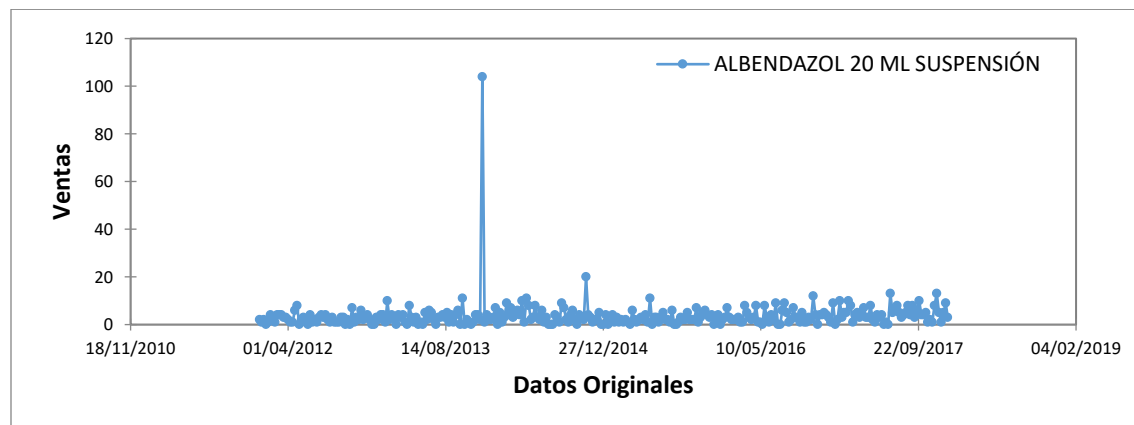
Medicamento	Originales		Sin atípicos		Variación	
	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación
ALBENDAZOL 20 ML SUSPENSIÓN	3,633	6,353	3,364	2,976	7,388%	53,159%
AMITRIPTILINA 25 MG TAB	9,971	18,322	8,859	11,485	11,150%	37,313%
MEPERIDINA CLORHIDRATO 100 MG/2 ML AMP	6,514	13,013	5,754	8,197	11,672%	37,006%
INSULINA CRISTALINA 100 AMP	5,412	5,604	5,153	3,798	4,782%	32,225%
DIAZEPAM 10 MG/2 ML AMP	3,109	4,564	2,946	3,159	5,242%	30,775%
TIAMINA 100 MG AMP	2,847	4,263	2,629	3,052	7,632%	28,401%
N-BUTIL BROMURO DE HIOSCINA + DIPIRONA 20 MG + 2.5 G/5 ML AMP	52,879	51,803	49,965	37,230	5,510%	28,131%
MORFINA CLORHIDRATO 10 MGML AMP	39,786	43,404	37,863	33,054	4,834%	23,847%
DINITRATO DE ISOSORBIDE 5 MG TAB	3,441	3,970	3,262	3,052	5,200%	23,117%
FLUOXETINA 20 MG TAB	8,281	12,103	7,732	9,742	6,636%	19,501%
ACIDO FOLICO 1 MG TAB	15,780	17,648	15,137	14,610	4,070%	17,219%
CAPTAPRIL 50 MG TAB	15,633	16,854	15,042	14,040	3,781%	16,696%
HIDROXICINA HCl 100 MG AMP	3,818	3,721	3,690	3,123	3,347%	16,078%
DEXTROSA AL 5% SOLUCIÓN SALINA 500 ML	6,623	9,591	6,284	8,082	5,113%	15,739%
DOPAMINA 200 MG/ 5 ML AMP	3,946	4,837	3,780	4,083	4,211%	15,586%
CAPTAPRIL 25 MG TAB	3,272	4,365	3,118	3,692	4,687%	15,429%
METFORMINA 850 MG TAB	38,220	31,734	37,310	27,680	2,382%	12,774%
TOXOIDE TETANICO 0.5 ML AMP	33,176	8,404	33,010	7,348	0,501%	12,566%
SULFATO FERROSO 300 MG TAB	6,949	9,202	6,696	8,137	3,632%	11,573%
AMOXICILINA 250 MG5 ML SUSPENSIÓN FCO X 60 ML	2,636	2,498	2,588	2,235	1,818%	10,539%
LACTATO DE RINGER 500 ML	1127,898	357,584	1119,252	319,904	0,767%	10,537%
VITAMINA K 10 MG ML AMP	20,473	20,474	19,933	18,337	2,637%	10,437%
VANCOMICINA 500 MG AMP	31,776	42,116	30,601	37,759	3,700%	10,346%
METRONIDAZOL 500 MG TAB	14,118	13,065	13,847	11,750	1,924%	10,063%
DEXAMETASONA 4 MG/ML AMP	27,821	31,471	27,128	28,323	2,492%	10,001%
PREDNISOLONA 5 MG TAB	42,978	42,375	41,796	38,137	2,751%	10,001%

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 14-4 se muestran los medicamentos cuya serie de datos disminuyó en al menos un 10% el valor de su desviación estándar. Se detalla la serie original del medicamento que más variación tuvo al eliminar el dato atípico en la Ilustración 14-11, y la misma eliminando los datos atípicos en la Ilustración 14-12

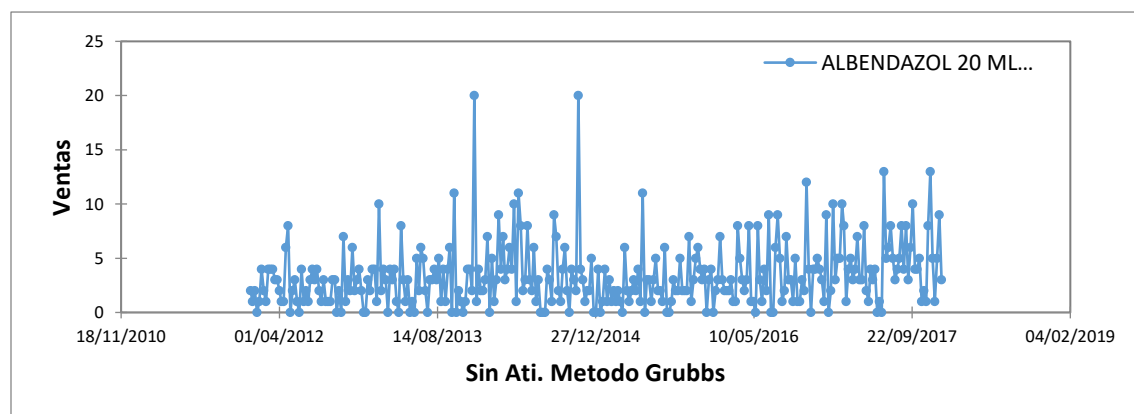
⁵² Tomado de: Anexo CD, Archivo: Rastrear causas, Atipicos.xlsx

Ilustración 14-11 Serie de datos original



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 14-12 Serie de datos sin atípicos



Fuente: Elaboración propia.

Se realizaron visitas a la entidad con el propósito de explicar porque la existencia de dichos datos atípicos. El personal explica a los autores, que, aunque esta información se encuentra en las historias clínicas de los pacientes atendidos en las semanas en las que se presentó ese consumo excesivo, por términos legales no es posible revisarlas. Pero que sea posiblemente por un evento imprevisto, como el requerimiento de un medicamento específico para un paciente o grupo de pacientes durante un periodo prolongado, o por enfermedades provocadas por cambios de clima, entre otros.

14.2 Pronósticos

Una vez se tuvieron las series de datos sin atípicos, se inició con el estudio y análisis de la posible aplicación de métodos de pronóstico para determinar el próximo consumo probable de los medicamentos. Se realizó una aplicación del método de pronósticos de Holt-Winters a 20 series, se usó el software Minitab como herramienta para esta aplicación. El propósito era verificar que tan eficientes podrían llegar a ser los pronósticos, omitiendo el hecho de que si se desearan aplicar en la entidad esta tendría que independizar el sistema de registro e información de los medicamentos y material médico quirúrgico. Se requeriría tener un acceso a los datos de consumo por medicamento, y registrar sus consumos en tiempo real. Se escogieron al azar los medicamentos listados a continuación:

- ACETATO DE MEDROXIPROGESTERONA 150 MG AMP
- ACIDO ASCORBICO 500 MG TAB
- ACIDO FOLICO 1 MG TAB
- AMPICILINA 1 G AMP
- CAPTOPRIL 50 MG TAB
- CEFALOTINA 1 G AMP
- CIPROFLOXACINA 500 MG TAB
- CLORURO DE POTASIO 10 ML AMP
- DEXTROSA AL 5% SOLUCIÓN SALINA 500 ML
- DICLOFENACO 75 MG/3 ML AMP
- FUROSEMIDA 20 MG 2 ML AMP
- GLUCONATO DE CALCIO 10% AMP
- INSULINA CRISTALINA 100 AMP
- MEPERIDINA CLORHIDRATO 100 MG/2 ML AMP
- METOCLOPRAMIDA CLORHIDRATO 10 MG AMP
- LACTATO DE RINGER 500 ML
- RANITIDINA 50 MG 2 ML AMP
- PENICILINA G BENZATÍNICA 2.400.000 UI AMP
- SULFATO DE MAGNESIO 20 % AMP
- TOXOIDE TETANICO 0.5 ML AMP
- TRAZADONA 50 MG TAB
- VANCOMICINA 500 MG AMP

Un ejemplo de los datos obtenidos⁵³ para un medicamento se muestra en la Tabla 14-5:

Tabla 14-5 Método de Winters para Diclofenaco 75 MG/3 ML Ampolla

Método	
Tipo de modelo	Método multiplicativo
Datos	Diclofenaco 75 MG/3 ML Ampolla
Longitud	313
Constantes de suavización	
α (nivel)	0,2
γ (tendencia)	0,2
δ (estacional)	0,2
Medidas de exactitud	
MAPE	16,44
MAD	46,16
MSD	3645,09

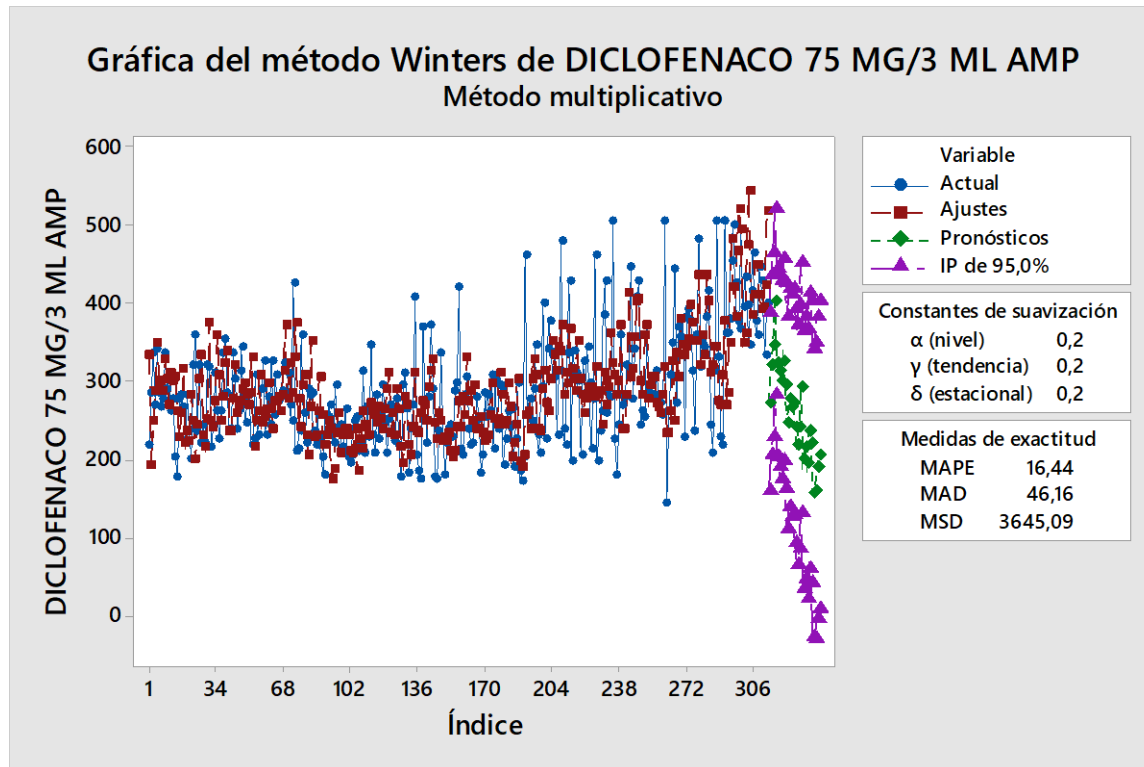
Fuente: Minitab

Se aplica un método multiplicativo, El método estacional multiplicativo recibe su nombre de la forma en que se calculan y utilizan los factores estacionales. Multiplicar el factor estacional por una estimación de la demanda promedio durante el periodo implica que el patrón estacional depende del nivel de la demanda. Los picos y los valles son más pronunciados cuando la demanda promedio es alta; situación que a menudo enfrentan las empresas que producen bienes y servicios caracterizados por una demanda estacional. (Krajewski et al., 2008, p. 540). Para la prueba se les asigno un valor de 0,2 a las constantes de suavización, y un periodo de 52 semanas (semanas al año), se espera que el comportamiento estacional sea igual año a año.

Se obtiene la Ilustración 14-13, muestra la serie original, sin atípicos, junto a sus pronósticos del medicamento cuyo MAPE es más bajo, e incluye los errores obtenidos en la prueba.

⁵³ Resultados completos en: Anexo CD, Archivo: Resultados pronosticos.docx

Ilustración 14-13 Ejemplo, grafica del método Winters, metodo multiplicativo



Fuente: Minitab

Para la evaluación de la exactitud del método de pronóstico se revisan los errores de pronóstico, se analizan el MAPE, el MAD, Y el MSD.

El MAPE, error medio absoluto porcentual, determina el promedio de error porcentual del pronóstico respecto a la demanda real y se describe como se muestra en la Ilustración 14-14:

Ilustración 14-14 Formula del MAPE

El *error medio absoluto porcentual* (MAPE, por sus siglas en inglés) es el error absoluto promedio, expresado como porcentaje de la demanda y está dado por

$$MAPE_n = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{E_t}{D_t} \right| 100}{n} \quad (7.24)$$

Fuente: Medidas de error del pronostico, Chopra and Meindl (2008, p. 204)

El MAD, desviación absoluta media, mostrara cual es el promedio de la desviación del pronóstico a lo largo de la serie. At representa el valor absoluto del error, tomando este error como el pronóstico menos la demanda real. La fórmula del MAD se muestra en la Ilustración 14-15:

Ilustración 14-15 Formula del MAD

La definición de *desviación absoluta media* (MAD, por sus siglas en inglés) es el promedio de la desviación absoluta durante todos los periodos, esto es,

$$MAD_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n A_t \quad (7.22)$$

Fuente: Medidas de error del pronostico, Chopra and Meindl (2008, p. 204)

Finalmente se calculó el MSD, desviación cuadrática media, esta se relaciona con la varianza del error del pronóstico y se muestra en la Ilustración 14-16.

Ilustración 14-16 Formula del MSE

Una medida del pronóstico de error es el *error cuadrático medio* (MSE, por sus siglas en inglés), donde se sostiene lo siguiente:

$$MSE_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n E_t^2 \quad (7.21)$$

Fuente: Medidas de error del pronostico, Chopra and Meindl (2008, p. 204)

Para el ejemplo, se observa cómo se tiene un MAPE del 16%, es decir, se esperaría que un pronóstico calculado sea 16% diferente a la demanda real de ese periodo. Pero se ve como su MAD, de 44,16 representa la desviación promedio que se tendría, en 44 unidades se esperaría que el pronóstico sea impreciso.

Se tuvo en cuenta como criterio de decisión el MAPE, el promedio de variación del pronóstico vs la demanda real de todas las series, determinaría que tan viable sería el uso de métodos de pronóstico.

Tabla 14-6 Resumen errores de pronóstico

Medicamento	ERROR DE PRONOSTICO		
	MAPE (%)	MAD	MSD
ACETAMINOFÉN JARABE 150 MG/5 ML FCO X 60 ML	21,00	52,14	4544,24
ACETATO DE MEDROXIPROGESTERONA 150 MG AMP	62,43	7,39	122,07
ACIDO FOLICO 1 MG TAB	187,16	12,85	323,93
AMPICILINA 1 G AMP	185,09	28,05	1492,69
CAPTOPRIL 50 MG TAB	129,24	10,06	196,42
CIPROFLOXACINA 500 MG TAB	182,27	16,07	710,29
CLORURO DE POTASIO 10 ML AMP	64,85	54,84	5112,12
DICLOFENACO 75 MG/3 ML AMP	16,44	46,16	3645,09
FUROSEMIDA 20 MG 2 ML AMP	58,60	59,42	5796,31
GLUCONATO DE CALCIO 10% AMP	231,03	16,54	469,51
INSULINA CRISTALINA 100 AMP	70,44	2,76	13,94
MEPERIDINA CLORHIDRATO 100 MG/2 ML AMP	149,28	5,10	68,25
METOCLOPRAMIDA CLORHIDRATO 10 MG AMP	37,90	98,80	15918,30
LACTATO DE RINGER 500 ML	18,80	201,50	70545,50
RANITIDINA 50 MG 2 ML AMP	28,07	138,30	31913,90
PENICILINA G BENZATÍNICA 2.400.000 UI AMP	71,62	1,81	5,28
SULFATO DE MAGNESIO 20 % AMP	184,00	26,16	1215,17
TOXOIDE TETANICO 0.5 ML AMP	17,51	5,48	48,55
TRAZADONA 50 MG TAB	198,72	14,39	392,56
PROMEDIO	100,76	41,99	7501,80

Fuente Elaboración propia.

Finalmente se descarta el uso de métodos de pronósticos, en la Tabla 14-6 se muestra como en promedio los pronósticos fallan en un 100% del valor real de la demanda. Para su aplicación se requeriría que la entidad independizara el registro de los consumos de los mismos, y mejorara el tiempo en que se tiene acceso a estos mismos. También debido a que el personal tiene una carga laboral completa el incluir la actualización de los pronósticos representaría más activadas en algunos cargos.

14.3 Análisis de normalidad y homogeneidad de las series de datos.

Como la aplicación de métodos de pronóstico no llego a eficiente, y a raíz de la complejidad de su aplicación por los manejos actuales de la información en la entidad, la imposibilidad de conocer el consumo en tiempo real, y la falta de homogeneidad en los datos, se busca determinar el comportamiento de la demanda usando alguna distribución de probabilidad. Se inicio con un

análisis de normalidad, si este definía que los datos tenían un comportamiento normal, esta información se usaría para determinar la política de inventario del medicamento de esa serie.

14.3.1 Prueba de normalidad

Con el uso de XLStat se procedió a elaborar una prueba de normalidad a todas las series objeto de estudio. Se aplicaron nuevamente las dos pruebas aplicadas en el apartado 13.4.2, Shapiro Wilk, y Anderson Darling, ambas con un nivel de significancia del 5%.

El resultado de las pruebas se ve en la Tabla 14-11 y la Ilustración 14-17 y se muestra que ninguna de las series sigue un comportamiento normal.

Tabla 14-7 Resultado Shapiro-Wilk y Anderson Darling⁵⁴

Prueba de Shapiro-Wilk (ACETAMINOFEN 500 MG TAB):

W	0,930
valor-p (bilat)	< 0,0001
alfa	0,05

Interpretación de la prueba:

H0: La variable de la cual se extrajo la muestra sigue una distribución Normal.

Ha: La variable de la cual se extrajo la muestra no sigue una distribución Normal.

Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es inferior al 0,01%.

Prueba de Anderson-Darling (ACETAMINOFEN 500 MG TAB):

A ²	6,463
valor-p (bilat)	< 0,0001
alfa	0,05

Interpretación de la prueba:

H0: La variable de la cual se extrajo la muestra sigue una distribución Normal.

Ha: La variable de la cual se extrajo la muestra no sigue una distribución Normal.

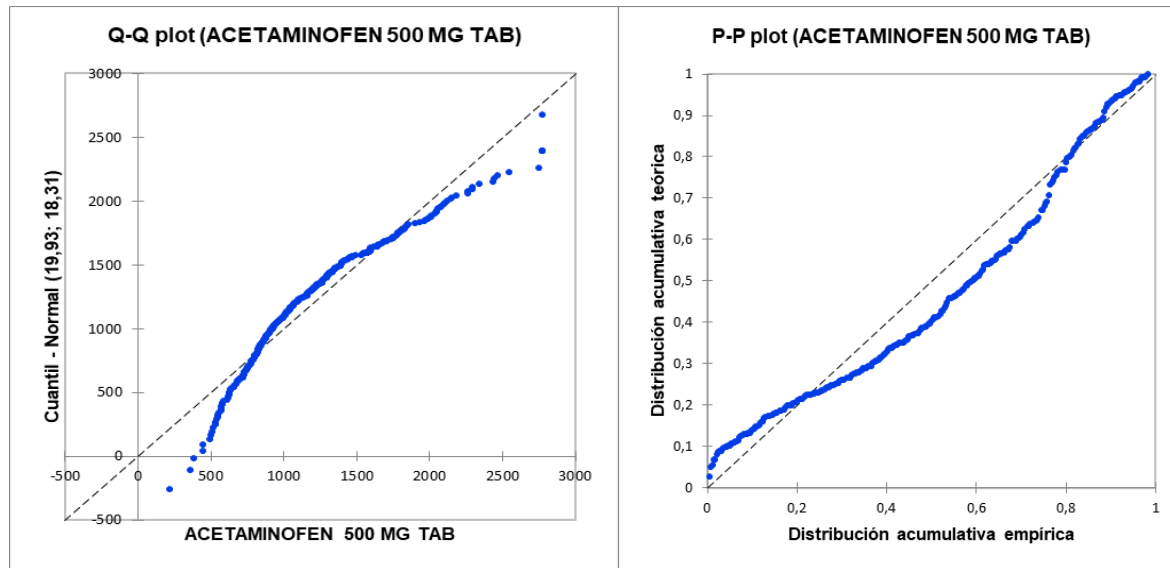
Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es inferior al 0,01%.

Las dos pruebas rechazan que los datos sigan una distribución normal de probabilidad.

⁵⁴ Las pruebas en: Anexo CD, Archivo: Pruebas de normalidad, Series de tiempo.xlsx

Ilustración 14-17 Grafica de puntuaciones cuantiles



Finalmente se rechaza la hipótesis de que las series de datos tienen un comportamiento normal. Como se vio en el Apartado 14.1, en la Ilustración 14-4 las series pueden estar segmentadas en algún punto, es decir que tuvieron un cambio que perduro en el tiempo, antes de que descartar por completo que los datos son normales, se realizó una prueba de homogeneidad a las series, si esta demostraba que la serie no era uniforme se rechazarían los datos anteriores al punto de quiebre de la serie.

14.3.2 Prueba de homogeneidad

Para observar si las series de datos eran homogéneas, se realizaron las pruebas a tres bases de datos, las series originales, las series cambiando sus datos atípicos por los límites hallados con Grubbs y a las series cambiando los valores atípicos por la media.

Para detectar puntos de cambio dentro de la serie se decide aplicar un test de Pettitt.⁵⁵ El test se realizó a los datos originales, para ver que tanto los datos atípicos afectarían la homogeneidad de la misma, luego se aplicó a las series resultantes del Apartado 14.1, donde se reemplazaron los valores atípicos por los valores máximos aceptados, finalmente para ver si estos valores afectarían la homogeneidad de las series, se realizó una imputación por la media, se aplicó la prueba y se

⁵⁵ Tomado de Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection, Thorsten Pohlert, 2018.

realizó un contraste de los resultados. Un ejemplo de la información obtenida se muestra en la Tabla 14-8:

Tabla 14-8 Prueba de Pettitt⁵⁶

Prueba de Pettitt (ACETATO DE MEDROXIPROGESTERONA 150 MG AMP):

K	22741,000
t	12/04/2015
valor-p (bilat	< 0,0001
alfa	0,05

Se han utilizado 10000 simulaciones Monte Carlo para calcular el valor-p. Tiempo transcurrido: 0s.

Intervalo de confianza para el valor-p al 99%:

] 0,000; 0,000 [

Interpretación de la prueba:

H0: Los datos son homogéneos

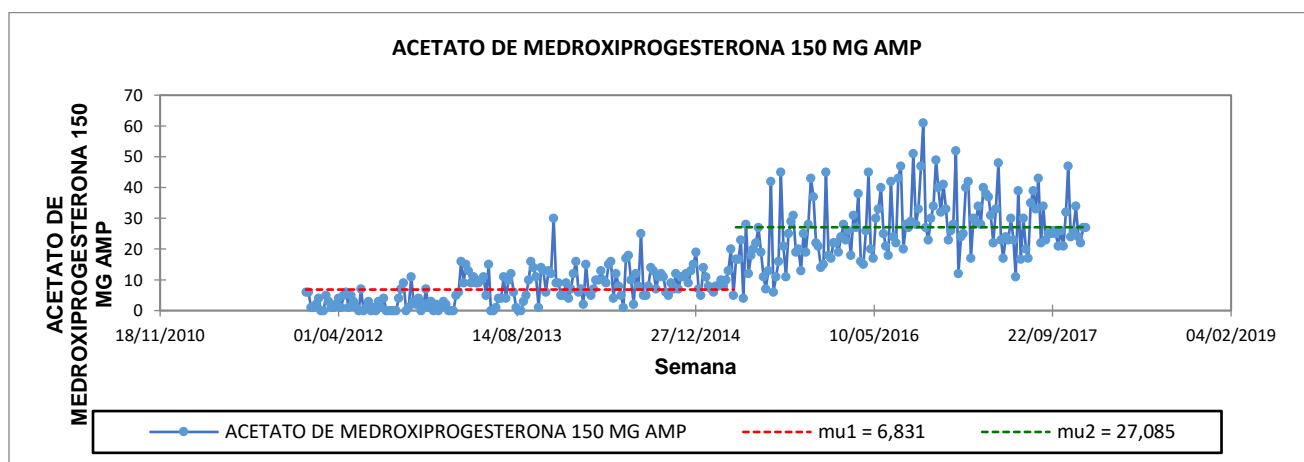
Ha: Hay una fecha en la que hay un cambio en los datos

Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es inferior al 0,01%.

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 14-18 Serie de tiempo con punto de cambio⁵⁷



Fuente: Elaboración Propia

⁵⁶ Resultados en: Anexo CD, Archivo: Test de homogeneidad, Pettit.xlsm

⁵⁷ Graficas en: Anexo CD, Archivo: Test de homogeneidad, Pettit.xlsm

Se muestra como ejemplo la
Prueba de Pettitt (ACETATO DE MEDROXIPROGESTERONA 150 MG AMP):

K	22741,000
t	12/04/2015
valor-p (bilat)	< 0,0001
alfa	0,05

Se han utilizado 10000 simulaciones Monte Carlo para calcular el valor-p. Tiempo transcurrido: 0s.

Intervalo de confianza para el valor-p al 99%:

] 0,000; 0,000 [

Interpretación de la prueba:

H0: Los datos son homogéneos

Ha: Hay una fecha en la que hay un cambio en los datos

Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es inferior al 0,01%.

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 14-18 Ilustración 14-18 como los datos anteriores al 12 de abril del 2015 ya no son representativos, se decide descartarlos antes de determinar el comportamiento de la Demanda.

Antes de definir por completo cual sería la fecha de corte se analizaron los resultados de las tres pruebas. La mayoría de los medicamentos no variaba su fecha de corte en las tres series, los medicamentos en los que esta fecha fue diferente en al menos una de las tres pruebas se listan en la Tabla 14-9:

Tabla 14-9 Puntos de corte diferentes⁵⁸

MEDICAMENTO	Originales	Limite	Media	VS
CAPTOPRIL 50 MG TAB	09/03/2014	09/03/2014	23/03/2014	NO
CLOPIDROGEL 75 MG TAB	12/10/2014	12/10/2014	08/03/2015	NO
CLORURO DE SODIO 10 ML AMP	07/02/2016	07/02/2016	24/01/2016	NO
DICLOFENACO 75 MG/3 ML AMP	11/10/2015	11/10/2015	16/08/2015	NO
DIMENHIDRINATO 50 MG TAB	15/11/2015	15/11/2015	10/05/2015	NO
ENALAPRIL 20 MG TAB	29/09/2013	29/09/2013	29/06/2014	NO
FLUCONAZOL 200 MG TAB	13/09/2015	13/09/2015	31/05/2015	NO
FUROSEMIDA 20 MG 2 ML AMP	17/07/2016	17/07/2016	31/07/2016	NO
HIDROXICINA HCI 100 MG AMP	12/04/2015	12/04/2015	24/01/2016	NO
PREDNISOLONA 5 MG TAB	11/06/2017	11/06/2017	11/10/2015	NO
SULFATO FERROSO 300 MG TAB	16/10/2016	16/10/2016	22/11/2015	NO
TEOFILINA 300 MG TAB	22/03/2015	22/03/2015	25/08/2013	NO
TRAMADOL 50 MG1 ML AMP	27/07/2014	27/07/2014	22/06/2014	NO

Elaboración propia.

La Tabla 14-9 resume la fecha de cambio de las series. Originales, son los valores obtenidos aplicando la prueba a las series sin modificar, Limite, los resultados de la prueba en series donde se reemplazó el valor atípico por el límite superior hallado con Grubbs, y media, los resultados en series donde se cambió el valor atípico por el valor de la media. La última columna representa una comparación entre las fechas. La comparación se realiza para ver que tanto los datos atípicos eran responsables de la fecha de corte.

Aunque las variaciones en algunas pruebas son de solo días de diferencia, en otros la fecha varia notablemente, por ejemplo, el Captopril 50 MG Tableta, varia en una semana su fecha de corte, lo que para el estudio no es muy representativo y cualquiera de las dos fechas se podría usar, para otros como La prednisolona 5 MG tableta, vario más de año y medio su fecha de corte.

⁵⁸ Resultados en: Anexo CD, Archivo: Test de homogeneidad, Pettit.xlsm, Hoja: Comparación Pruebas

Ilustración 14-19 Punto de corte series: originales y sin atípicos

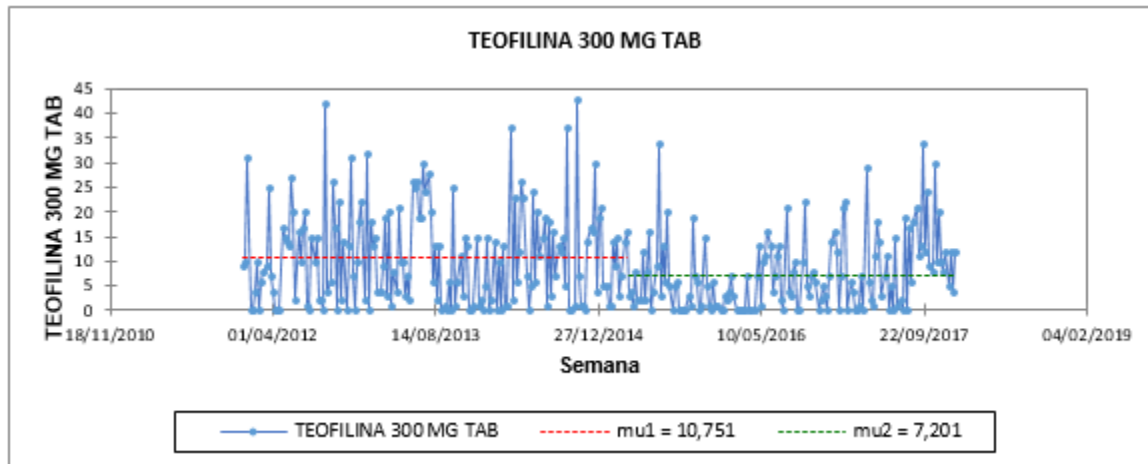
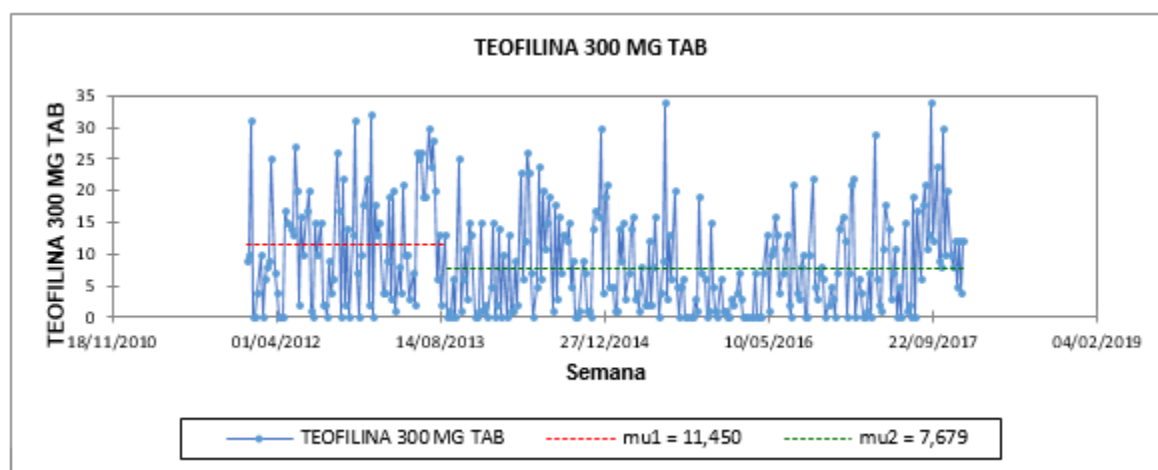


Ilustración 14-20 Puntos de corte imputando por la media



Fuente: Elaboración propia.

Para la prueba en las series originales y usando el limite hallado con Grubbs el resultado es el mismo, la gráfica de la Ilustración 14-19 las representa. La grafica de la Ilustración 14-20 muestra el corte empleando una imputación por la media. A pesar de que el cambio en las fechas el bastante amplio, la variación en el valor de sus medias es de solo 5,2%.

Finalmente, se decide usar las fechas obtenidas con la prueba en la que se emplearon los límites, se organizó nuevamente la base de datos descartando los valores anteriores a la fecha de corte. Para ver que series cambiaron notablemente se calcularon las variaciones de las medias de

las series sin atípicos y las de las series eliminando los datos descartados, para realizar un rastreo a los de mayor variación. Esta variación se observa en la Tabla 14-10

Tabla 14-10 Variación series originales y series cortadas⁵⁹

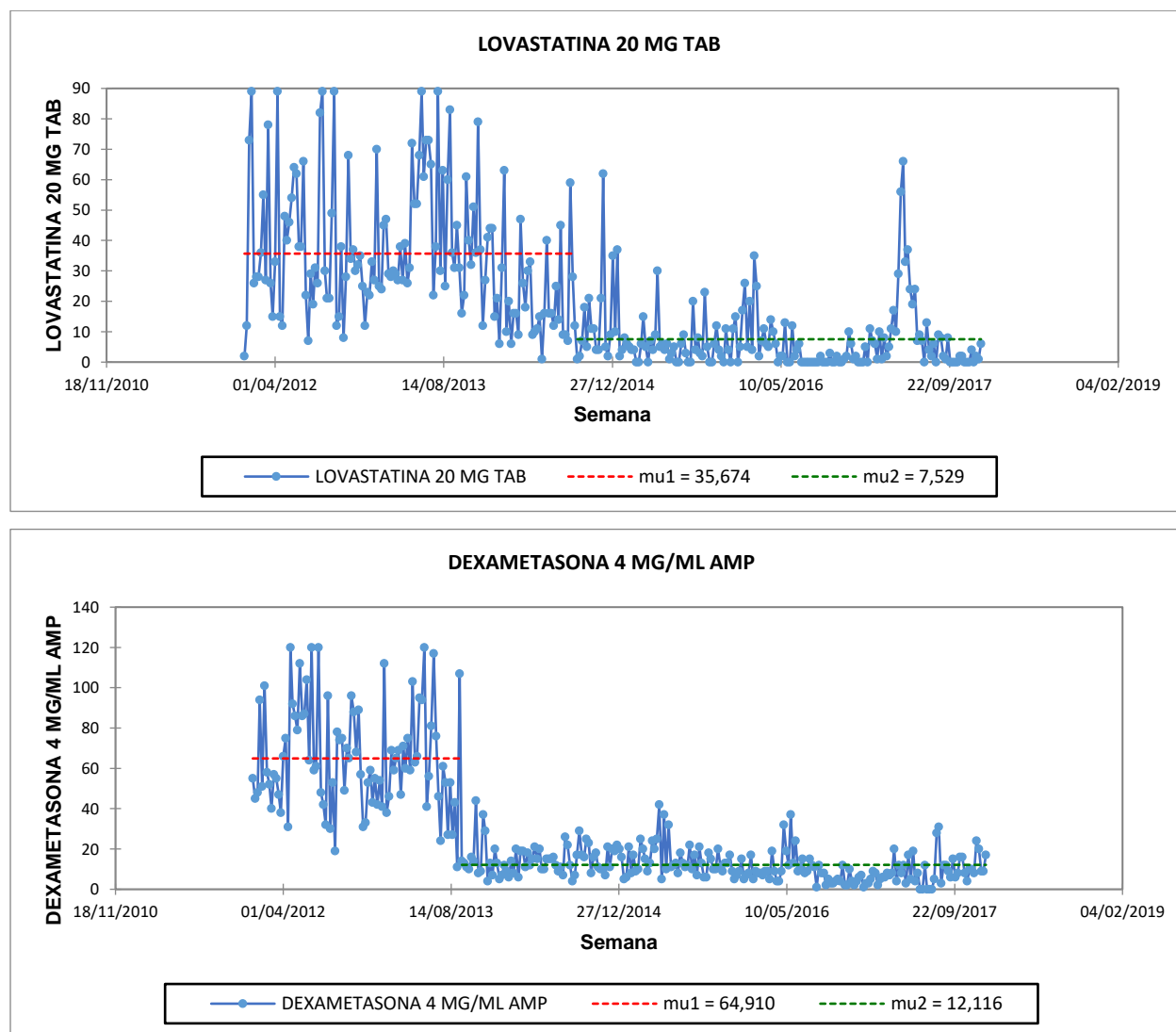
Medicamento	Promedio sin Atípicos		Homoneidad		Variacion	
	Promedio	Desviacion	Promedio	Desviacion	Promedio	Desviacion
LOVASTATINA 20 MG TAB	20	22	8	11	-167%	-101%
DEXAMETASONA 4 MG/ML AMP	27	28	12	8	-124%	-262%
GENTAMICINA 20 MG2 ML AMP	7	8	5	6	-50%	-36%
MEPERIDINA CLORHIDRATO 100 MG/2 ML AMP	6	8	10	17	45%	51%
TRAMADOL CHORHIDRATO 100 MG 2 ML AMP	25	20	17	15	-45%	-38%
ACETAMINOFÉN JARABE 150 MG/5 ML FCO X 60 ML	250	103	176	100	-42%	-3%
OMEPRAZOL 40 MG AMP	64	53	107	70	41%	23%
HIDROXICINA HCl 100 MG AMP	4	3	6	5	40%	31%
VANCOMICINA 500 MG AMP	31	38	51	52	40%	28%
TRAZADONA 50 MG TAB	18	19	29	26	37%	26%
AGUA ESTERIL 500 ML	12	12	19	13	36%	5%
DICLOFENACO 50 MG TAB	73	51	54	36	-35%	-42%
FLUOXETINA 20 MG TAB	8	10	12	13	34%	24%
CAPTOPRIL 50 MG TAB	15	14	11	9	-34%	-52%
OMEPRAZOL 20 MG CAP	94	60	138	80	31%	25%
GENTAMICINA 80 MG 2 ML AMP	86	71	66	70	-31%	-1%
CLARITROMICINA 500 MG AMP	26	22	37	24	31%	12%
SALBUTAMOL INHALADOR 100 MCG	20	11	29	12	31%	14%
NIFEDIPINO 30 MG TAB	70	50	100	54	30%	7%
DIMENHIDRINATO 50 MG TAB	11	11	16	13	30%	14%
CEFALEXINA 500 MG CAP	45	37	63	41	30%	11%

Fuente: Elaboración propia.

Se observa cómo gran parte de las series sufren cambios representativos en el valor de su media, cambios de incluso un 167%. El cambio para los medicamentos que superaron el 100% se observa en la Ilustración 14-21.

⁵⁹ Resultados en: Anexo CD, Archivo: Series, calculo Atipicos.xlsx, Hoja: Variación homogeneidad

Ilustración 14-21 Series con mayores cambios al eliminar punto de corte



Fuente: Elaboración propia.

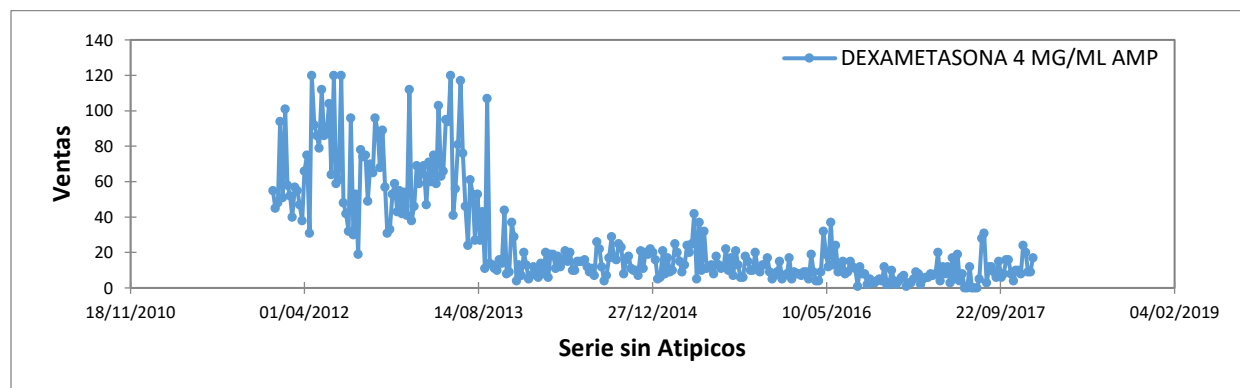
Se visitó la entidad con el propósito de verificar porque estos cambios en el consumo de los medicamentos, los integrantes del equipo de farmacia informan que no se había realizado dicho análisis, y que no se tienen registros que lo expliquen. El químico farmacéutico explica que algunas de las razones probables de estos cambios pueden ser: la regulación del medicamento por parte del estado o la sustitución por otro medicamento.

14.4 Comportamiento de la demanda.

Como se explicó en el apartado 14.3.1 el objetivo de homogenizar los datos fue eliminar los cortes de las series de datos, con el propósito de revisar nuevamente si los datos seguían una distribución normal. Antes de realizar esta verificación se tomaron los datos finales, es decir aquellas series excluyendo los registros anteriores a la fecha de corte, y se repitió una prueba de Grubbs, con el propósito de verificar la existencia de atípicos dentro de las nuevas series. El procedimiento es el mismo realizado en el apartado 14.1.1.

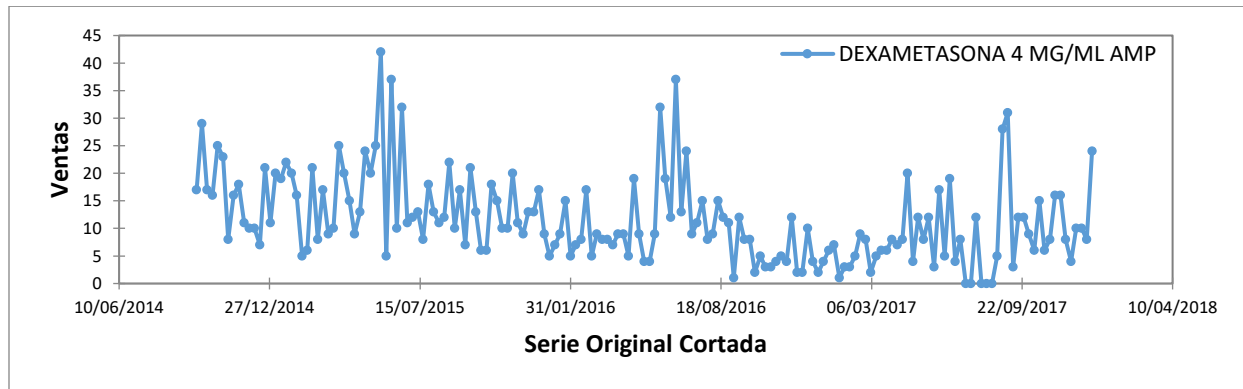
La Ilustración 14-22 muestra la serie original para uno de los medicamentos donde más cambio la media al realizar el corte, la Ilustración 14-23 muestra el segmento final de la serie que se usara para determinar el comportamiento de la demanda, finalmente la Ilustración 14-24 muestra este mismo segmento, pero cambiando los valores atípicos de la serie por los límites establecidos en la prueba de Grubbs. Se puede resaltar como la serie original tiene una media de 27 consumos a la semana, con una desviación de 28, mientras que la serie final que usara tiene una media de 12 y una desviación de 7. También se observa como la serie original cortada tiene un valor máximo de 44 consumos en una semana, mientras que la serie cortada sin atípicos tiene un máximo de 32.

Ilustración 14-22 Serie de datos original (sin atípicos)



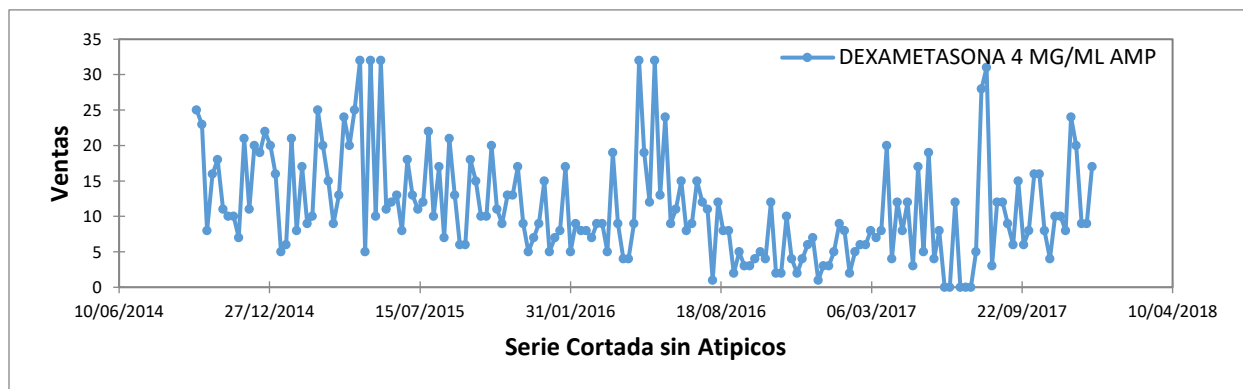
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 14-23 Serie original cortada



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 14-24 Serie cortada sin atípicos



Fuente: Elaboración propia.

Luego de realizar este procedimiento completo para todas las series se obtuvo finalmente la base de datos con la que se determinara el comportamiento de la demanda para cada uno.

14.4.1 Ajuste a distribuciones teóricas

Una vez se eliminaron los datos anteriores a los puntos de cambio, se procedió nuevamente a verificar si la serie de datos cortada tendría un comportamiento normal, para las nuevas series se obtuvo que los datos aun no seguían una distribución normal, como se muestra en Tabla 14-11:

Tabla 14-11 Prueba de normalidad series cortadas

Prueba de Shapiro-Wilk (DEXAMETASONA 4 MG/ML AMP):

W	0,940
valor-p (bilateral)	< 0,0001
alfa	0,05

Interpretación de la prueba:

H0: La variable de la cual se extrajo la muestra sigue una distribución Normal.

Ha: La variable de la cual se extrajo la muestra no sigue una distribución Normal.

Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es inferior al 0,01%.

Prueba de Anderson-Darling (DEXAMETASONA 4 MG/ML AMP):

A ²	3,585
valor-p (bilateral)	< 0,0001
alfa	0,05

Interpretación de la prueba:

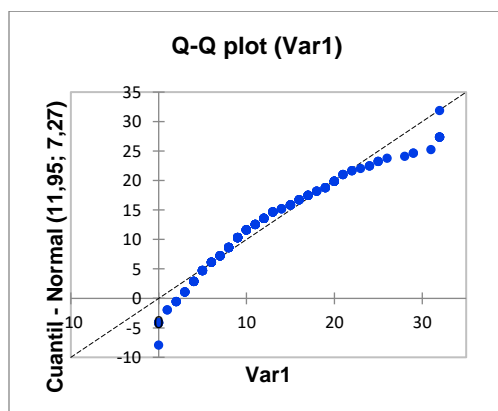
H0: La variable de la cual se extrajo la muestra sigue una distribución Normal.

Ha: La variable de la cual se extrajo la muestra no sigue una distribución Normal.

Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es inferior al 0,01%.

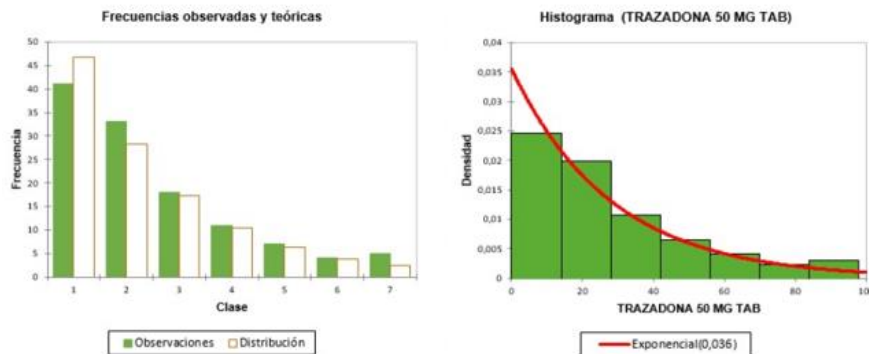
Fuente: XLSTAT



Fuente: XLSTAT

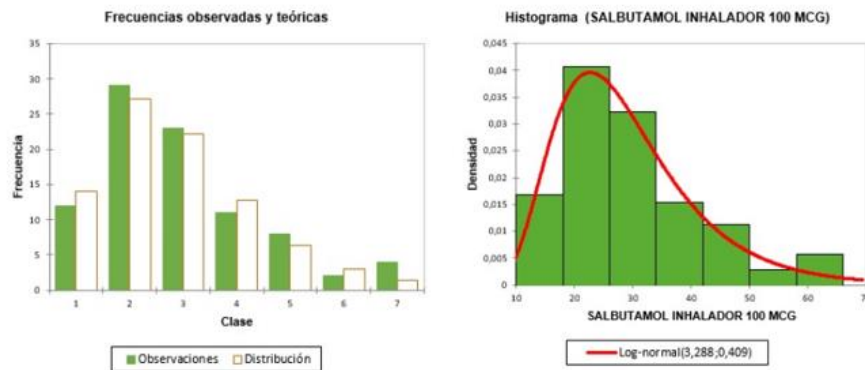
Usando el mismo análisis del apartado 13.4.2, se determina que las series aun no siguen un comportamiento normal. Finalmente se decide verificar a que distribuciones se podrían ajustar los datos, con lo que se obtuvo la información de la Ilustración 14-25 y de la Ilustración 14-26.

Ilustración 14-25 Ajuste a distribución exponencial⁶⁰



Fuente: XLStat

Ilustración 14-26 Ajuste a distribución logarítmica normal



Fuente: XLStat

Como se observa en la Ilustración 14-25 y en la Ilustración 14-26, las series se ajustan más a distribuciones como la exponencial, o la logarítmica normal, y para continuar el desarrollo del proyecto se decide generarles tablas con sus distribuciones empíricas.

⁶⁰ Anexo CD, Archivo: Ajustes a distribuciones.xlsm

14.4.2 Determinación de distribuciones empíricas

Como se observó en el Apartado 14.1.1 algunas las series de datos se ajustan a diferentes distribuciones de probabilidad. Se decide calcular para todos los medicamentos una distribución empírica con 7 intervalos de clase⁶¹, para posteriormente realizar un análisis a los posibles eventos que se podrían presentar en la farmacia incluyendo en el mismo la distribución obtenida para los tiempos de espera.

Tabla 14-12 Distribución empírica Trazadona 50 MG Tableta

Variable		Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
TRAZADONA 50 MG TAB		119	0,000	97,000	28,101	23,645
Clase	Límite inferior	Límite superior	Marca	Frecuencia (Datos)	Frecuencia relativa	Frecuencia absoluta
1	0,000	14,000	7,000	41	34,45%	34,45%
2	14,000	28,000	21,000	33	27,73%	62,18%
3	28,000	42,000	35,000	18	15,13%	77,31%
4	42,000	56,000	49,000	11	9,24%	86,55%
5	56,000	70,000	63,000	7	5,88%	92,44%
6	70,000	84,000	77,000	4	3,36%	95,80%
7	84,000	98,000	91,000	5	4,20%	100,00%

Se obtuvo finalmente, para cada medicamento, una tabla como la mostrada en la Tabla 14-12.

⁶¹ Se decidieron 7 intervalos de clase para facilitar la automatización de la simulación del apartado 15.1

15 DETERMINACION DE LAS EXISTENCIAS DE SEGURIDAD

15.1 Simulación de Montecarlo

Krajewski et al. (2008, p. 481) describe que mientras los consumos tengan un comportamiento normal, el procedimiento inicial seria determinar el inventario de seguridad, y a este se le sumaria el consumo promedio que se tendría en el tiempo de espera promedio para determinar el punto de reorden. Pero que con las distribuciones empíricas el procedimiento se debe invertir, se iniciara determinando el punto de reorden y con este se hallaran las existencias de seguridad. Debido a que las demandas de los medicamentos no tenían un comportamiento normal, se obtuvo una distribución empírica para cada uno. También, como se observó en el apartado 13.4.3 se obtuvo una distribución empírica para describir el comportamiento de los tiempos de espera.

Estas dos distribuciones permitieron realizar una simulación para obtener gran parte de los eventos posibles que se podrían presentar en la farmacia de la entidad. Se desarrollo una simulación de Montecarlo. Para cada semana se realizó una simulación de las posibles demandas que presentaría un medicamento durante los tiempos de espera posibles. Se muestra el proceso tomando como ejemplo la Morfina Clorhidrato 10 MG/ML Ampolla:

Se tomaron las dos tablas de las distribuciones empíricas, y en la de la demanda a cada clase se le asigno un digito para la generación de números aleatorios.

Tabla 15-1 Tiempos de espera

Tiempo de espera	
LT	%
1	61,43%
2	22,87%
3	4,78%
4	3,07%
5	7,85%
Total	100%

Elaboración propia.

Tabla 15-2 Distribución empírica de la demanda

Distribución empírica de la demanda, Morfina Clorhidrato 10 mg/ml Ampolla					
Aleatorio	Límite inferior	Límite superior	Marca	Frecuencia	Frecuencia Relativa
1	0	24	13	141	45,05%
2	24	49	37	103	32,91%
3	49	73	61	34	10,86%
4	73	97	85	10	3,19%
5	97	121	110	12	3,83%
6	121	146	134	6	1,92%
7	146	170	158	7	2,24%
				TOTAL	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

Se le asigno a cada intervalo un número, de 1 a 7, para la generación de los números aleatorios, como se muestra en la Tabla 15-2.

Posteriormente se simulo la primera semana, Se generaron 30000 números enteros aleatorios entre 1 y 7, posteriormente a cada número generado se le asigno su demanda, representada por la marca de clase para cada intervalo, junto a su probabilidad. Se calculo la probabilidad conjunta, es decir la probabilidad de que el tiempo de espera fuera de una semana, por la probabilidad de que se presentara esa demanda en esa semana.

Tabla 15-3 Simulación tiempo de espera de una semana⁶²

	B	C	D	E
1	Semana 1		P	61,43%
2	Aleatorio	Demanda	Probabilidad	Prob. Conjunta
3	7	158	0,022364217	0,01373911
4	5	110	0,038338658	0,023552759
5	5	110	0,038338658	0,023552759
6	7	158	0,022364217	0,01373911
7	5	110	0,038338658	0,023552759
30001	7	158	0,022364217	0,01373911
30002	5	110	0,038338658	0,023552759

Fuente: Elaboración propia

⁶² Anexo CD, Archivo: Simulación Montecarlo.xlsm

Finalmente se validaron los 30000 datos, la validación eliminaba todo dato que estuviera repetido, y generaba una lista de los datos únicos, la lista se muestra en la Tabla 15-4. Como en la primera semana solo se presentarán 7 posibles demandas posibles se obtienen estas junto a la probabilidad conjunta.

Tabla 15-4 Demandas validadas semana 1⁶³

Resumen semana 1			
Aleatorio	Demanda	Probabilidad	Prob. Conjunta
4	85	0,031948882	0,019627299
3	61	0,108626198	0,066732818
1	13	0,450479233	0,276744921
6	134	0,019169329	0,01177638
2	37	0,329073482	0,202161184
7	158	0,022364217	0,01373911
5	110	0,038338658	0,023552759

Fuente: Elaboración propia

De la semana 2 a la 5 el procedimiento vario, ya que se deben incluir los posibles eventos durante todas las semanas. Por ejemplo, si el tiempo de espera fuera de dos semanas, durante la primera semana se podrían presentar 7 demandas posibles, y durante la semana 2 también 7 demandas posibles, lo que daría un total de 49 demandas posibles durante las dos semanas. Inicialmente se generaron para cada semana 30000 datos aleatorios, entre 1 y 7, a cada dato se le asigno el valor de su demanda junto a su probabilidad. Finalmente se sumaron las demandas de las dos semanas y se multiplicaron sus probabilidades, esto daría una demanda acumulada junto a su probabilidad, esta probabilidad final se multiplico por la probabilidad de que el tiempo de espera sea de dos semanas. Una sección de esta tabla se muestra en la Tabla 15-5.

⁶³ Anexo CD, Archivo: Simulación Montecarlo.xlsm

Tabla 15-5 Simulación tiempo de espera de dos semanas⁶⁴

Semana 1			Semana 2			P	22,87%
Aleatorio	Demanda	Probabilidad	Aleatorio	Demanda	Probabilidad	D. Conjunta	Prob. Conjunta
1	13	0,450479233	2	37	0,329073482	50	0,03389806
1	13	0,450479233	5	110	0,038338658	123	0,003949289
7	158	0,022364217	7	158	0,022364217	316	0,000114371
6	134	0,019169329	2	37	0,329073482	171	0,001442471
6	134	0,019169329	1	13	0,450479233	147	0,001974644
5	110	0,038338658	4	85	0,031948882	195	0,000280091
6	134	0,019169329	7	158	0,022364217	292	9,8032E-05
4	85	0,031948882	7	158	0,022364217	243	0,000163387
2	37	0,329073482	4	85	0,031948882	122	0,002404118
1	13	0,450479233	1	13	0,450479233	26	0,04640414
7	158	0,022364217	2	37	0,329073482	195	0,001682882
5	110	0,038338658	4	85	0,031948882	195	0,000280091
4	85	0,031948882	1	13	0,450479233	98	0,003291074
5	110	0,038338658	1	13	0,450479233	123	0,003949289

Fuente: Elaboración propia.

Nuevamente se validaron los 30000, eliminando los repetidos, se obtuvieron para la semana 2, 49 posibles demandas acumuladas junto a sus probabilidades.

El procedimiento se repitió para las semanas 3 y 4, cada semana extra representaba 30000 números aleatorios más, es decir, que para la semana 4 se generaron 120000 datos aleatorios. Se asignaban demandas por semana, se sumaban las demandas, se realizaba el producto de sus probabilidades, se multiplicaba por la probabilidad de que el tiempo de espera fuera ese y para finalizar se validaban los datos. Para la semana 5 se requirió aumentar el número de datos aleatorios de 30000 por semana a 60000, esto se debe a la cantidad de combinaciones que se podrían presentar; como se explicó antes, en la semana 1 solo se presentarían 7 posibles demandas, en la semana 2, 49, en la semana 3, 343, en la semana 4, 2041, y en la semana 5, 16807, debido al alto número de combinaciones la generación de 30000 números aleatorios por semana no incluía todas estas, el aumento a 60000 aleatorios por semana tampoco lo llevo a un 100% de las combinaciones pero lo aproximo más que con su mitad. Se debe aclarar que la suma de probabilidades para la semana 5 no sería de más del 7,85%, que es el valor de que el tiempo de

⁶⁴ Anexo CD, Archivo: Simulación Montecarlo.xlsm

espera sea de 5 semanas, por ende, las probabilidades de las combinaciones que no se incluyeron son casi insignificantes, como se muestra en la Tabla 15-6⁶⁵, también de acuerdo a los trabajadores de la entidad en caso de que algún evento de este tipo se presente, como contingencia se homologa con otro.

Tabla 15-6 Simulación tiempo de espera de 5 semanas⁶⁶

Semana 4			Semana 5			P	7,85%
Aleatorio	Demanda	Probabilidad	Aleatorio	Demanda	Probabilidad	D. Conjunta	Prob. Conjunta
7	158	0,022364217	4	85	0,031948882	451	1,85948E-07
2	37	0,329073482	7	158	0,022364217	621	1,10777E-08
1	13	0,450479233	6	134	0,019169329	621	7,58234E-09
6	134	0,019169329	7	158	0,022364217	621	4,7476E-09
3	61	0,108626198	1	13	0,450479233	403	5,41905E-07
6	134	0,019169329	2	37	0,329073482	476	3,95311E-08
3	61	0,108626198	4	85	0,031948882	306	1,05976E-06
6	134	0,019169329	1	13	0,450479233	379	3,06654E-07
3	61	0,108626198	6	134	0,019169329	621	3,13434E-09
7	158	0,022364217	3	61	0,108626198	378	6,59766E-07
1	13	0,450479233	4	85	0,031948882	330	7,7415E-07
1	13	0,450479233	5	110	0,038338658	452	1,91261E-07
5	110	0,038338658	5	110	0,038338658	356	8,97678E-07

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizadas todas las simulaciones, y validados todos los datos, se procedió a consolidar los resultados en una tabla, a todas las demandas que se repitieran se le sumarian sus probabilidades. Al final de este proceso se tiene una lista con todas las demandas posibles y sus probabilidades para cualquier evento probabilístico que se presente. Se muestra esta lista en la Tabla 15-7

⁶⁵ Se aclara que la muestra, por espacio, no incluye las semanas 1,2, y 3.

⁶⁶ Anexo CD, Archivo: Simulación Montecarlo.xlsm

Tabla 15-7 Demanda posible⁶⁷

1	Demanda	Probabilidad
2	13	0,019627299
3	26	0,04640414
4	37	0,072621008
5	39	0,004368021
6	50	0,06779612
7	52	0,001264952
8	61	0,00785092
174	742	6,23795E-09
175	766	1,88214E-09

Fuente: Elaboración propia

15.2 Punto de reorden y nivel de servicio

Krajewski et al. (2008, p. 481) también determina que una vez obtenidas dichas demandas se puede obtener el nivel de servicio y el punto de reorden. Una vez se obtuvieron para todos los medicamentos las demandas posibles para cualquier tiempo de espera, en cada uno se organizaron de menor a mayor, y se fueron sumando sus probabilidades, para obtener una probabilidad acumulada. Se muestra en la Tabla 15-8 una muestra de los valores obtenidos. Este valor representaría el nivel de servicio que podría ofrecer la entidad para cada medicamento, y esa demanda posible representaría el valor del punto de reorden para cada medicamento.

Tabla 15-8 Punto de reorden y nivel de servicio⁶⁸

Demanda Posible	Probabilidad	Nivel de servicio
13	0,01963	1,9627%
26	0,04640	6,6031%
37	0,07262	13,8652%
39	0,00437	14,3020%
63	0,00957	22,9505%
...
742	6,235E-09	99,4441%
766	1,884E-09	99,4441%
790	4,396E-10	99,4441%

Fuente: Elaboración propia.

⁶⁷ Anexo CD, Archivo: Simulación Montecarlo.xlsm

⁶⁸ Anexo CD, Archivo: Demanda posible, nivel de servicio.xlsm

15.3 Calculo de las existencias de seguridad.

Como se mencionó en el apartado 15.1 la determinación de las existencias de seguridad cuando el comportamiento de la demanda no tiene un comportamiento normal, se realiza utilizando distribuciones empíricas, una vez determinados los puntos de reorden para cada medicamento se calcularon sus existencias de seguridad de la siguiente manera:

$$ES = \text{Punto de reorden} - \text{Demanda promedio} * \text{Tiempo de espera promedio}$$

Tabla 15-9 Existencias de seguridad según nivel de servicio.⁶⁹

Tiempo de espera promedio en semanas		2		Punto de reorden		ES	
Medicamento	Dprom	Dprom*Tprom	95%	99%	95%	99%	
ACETAMINOFEN 500 MG TAB	1448	2896	7072	9667	4176	6771	
ACETAMINOFÉN JARABE 150 MG/5 ML FCO X 60 ML	177	354	888	1288	534	934	
ACETATO DE MEDROXIPROGESTERONA 150 MG AMP	17	34	90	143	56	109	
ACIDO ACETIL SALICILICO 100 MG TAB	72	144	356	493	212	349	
ACIDO ASCORBICO 500 MG TAB	40	80	215	345	135	265	
ACIDO FOLICO 1 MG TAB	16	32	85	137	53	105	
AGUA ESTERIL 500 ML	19	38	100	148	62	110	
ALBENDAZOL 20 ML SUSPENSIÓN	5	10	25	38	15	28	
AMITRIPTILINA 25 MG TAB	9	18	58	110	40	92	
AMLODIPINO 5 MG TAB	34	68	174	277	106	209	

Fuente: Elaboración propia.

Se calcularon las existencias de seguridad para cada nivel de servicio, el objetivo era analizar su comportamiento mutuo, se tomaron las demandas posibles calculadas en el apartado 15.2 como puntos de reorden, y para cada una se calcularon las existencias de seguridad que se deberían tener, se incluye una muestra de este cálculo en la Tabla 15-9.

⁶⁹ Anexo CD, Archivo: Politica.xlsm, Hoja: Política

Tabla 15-10 Existencias de seguridad ⁷⁰

DPROM*TPROM	PRO	Probabilidad	Nivel de servicio	ES
76	13	0,0196	2,0%	-63
76	26	0,0464	6,6%	-50
76	37	0,0726	13,9%	-39
76	39	0,0044	14,3%	-37
76	50	0,0678	21,1%	-26
76	52	0,0013	21,2%	-24
76	61	0,1511	36,3%	-15
76	63	0,0096	37,3%	-13
76	65	0,0015	37,4%	-11
76	74	0,0471	42,1%	-2
76	76	0,0037	42,5%	0
76	85	0,0079	43,3%	9
76	87	0,0102	44,3%	11
76	89	0,0053	44,8%	13
76	98	0,0229	47,1%	22
76	100	0,0032	47,5%	24

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 15-10 muestra el consumo promedio que se tendría en el tiempo promedio de espera, sus posibles demandas junto a sus probabilidades, estas se tomaran como el punto de reorden(PRO), el nivel de servicio que se tendría al elegir cada uno, y las existencias de seguridad que se obtienen para cada nivel de servicio. La causa de que las primeras existencias de seguridad sean negativas se basa en que existen eventos como que el tiempo de espera fuese de solo una semana, y en esa semana solo se consuma la demanda más baja posible. Se iguala el punto de reorden con el valor de la demanda promedio por el tiempo de espera promedio cuando el nivel de servicio llega al 42,5% a partir de este punto las existencias de seguridad tomaran valores positivos.

La Tabla 15-11 muestra como las existencias de seguridad comienzan a elevarse notablemente para que el nivel de servicio permanezca casi estable, pasar el nivel de servicio de un 99,313% a casi un 99,314% eleva en un 27% el valor de las mismas.

⁷⁰ Anexo CD, Archivo: Demanda posible, nivel de servicio.xlsm

Tabla 15-11 Nivel de servicio vs existencias de seguridad⁷¹

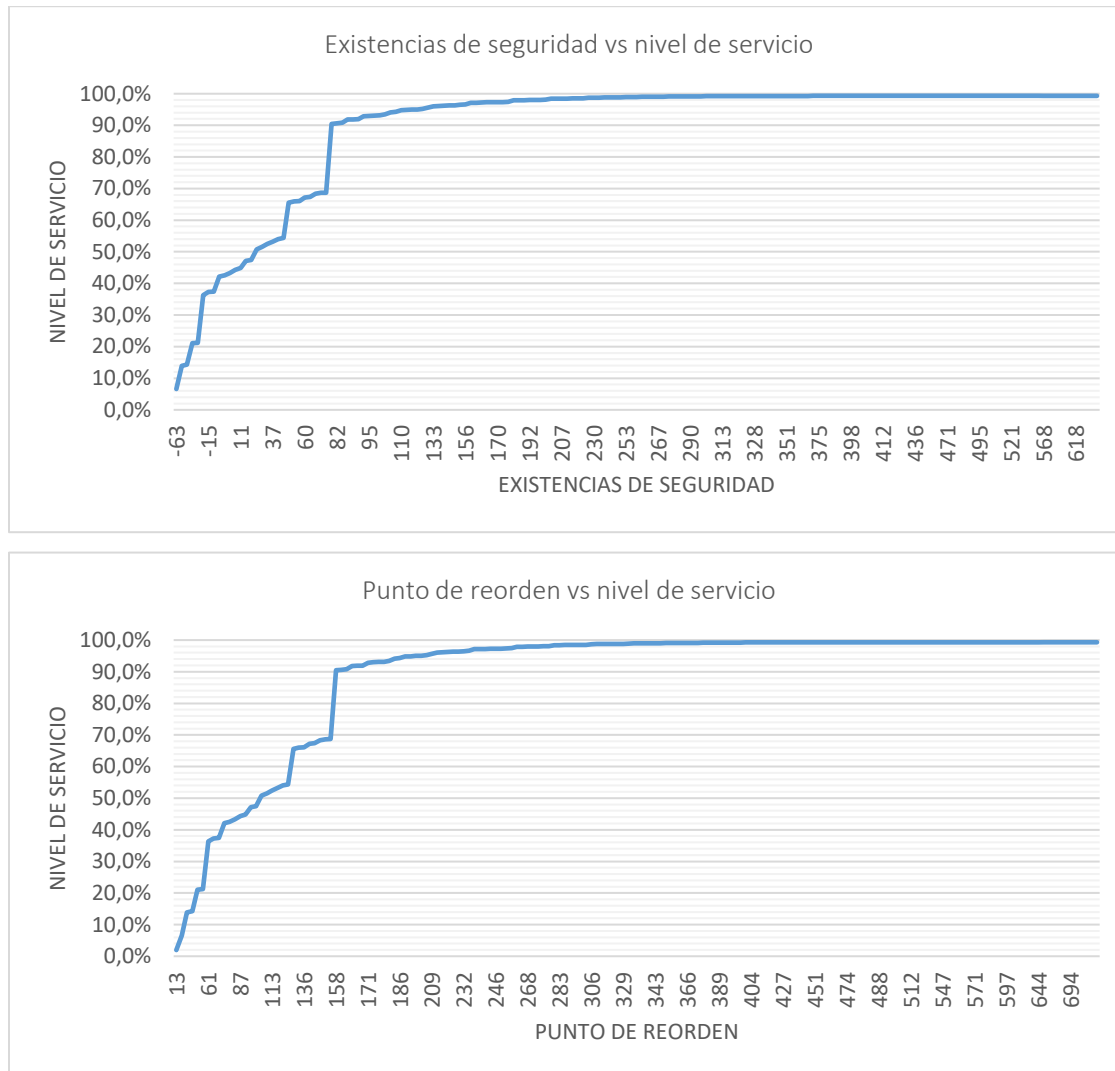
DPROM*TPROM	PRO	Probabilidad	Nivel de servicio	ES
76	596	4,78707E-07	99,31307%	520
76	597	1,55181E-06	99,31323%	521
76	598	3,5219E-08	99,31323%	522
76	608	1,9759E-08	99,31323%	532
76	620	8,39921E-08	99,31324%	544
76	621	8,05173E-07	99,31332%	545
76	622	4,33464E-08	99,31333%	546
76	644	8,96257E-09	99,31333%	568
76	645	3,38371E-07	99,31336%	569
76	646	5,21963E-08	99,31337%	570
76	669	1,00851E-07	99,31338%	593
76	670	4,1292E-08	99,31338%	594
76	693	1,82119E-08	99,31338%	617
76	694	3,06849E-08	99,31339%	618
76	717	3,1369E-09	99,31339%	641
76	718	1,56717E-08	99,31339%	642
76	742	6,99081E-09	99,31339%	666
76	766	1,88214E-09	99,31339%	690
76	790	4,39166E-10	99,31339%	714

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se graficaron el punto de reorden vs el nivel de servicio y las existencias de seguridad vs el nivel de servicio. Las gráficas de la Ilustración 15-1 permiten observar como después de que se obtiene un 98% del nivel del servicio la cantidad de existencias de seguridad se duplican para llevarlas a un 99,3%. La causa de esta variación se debe a que para cubrir eventos poco probables se requiere una gran cantidad de inventario.

⁷¹ Anexo CD, Archivo: Demanda posible, nivel de servicio.xlsm

Ilustración 15-1 Existencias de seguridad, punto de reorden, vs nivel de servicio⁷²



Finalmente se resumió la información en una base de datos, una sección de la misma se muestra en la Tabla 15-12 y se realizó una visita a la entidad, se le explico al grupo de farmacia como se elevaban las existencias requeridas para aumentar en centésimas el nivel de servicio, una muestra de esta base se muestra en la Tabla 15-11. El equipo de farmacia decide que el nivel de servicio que se desea brindar corresponde a un 95%, a pesar que como se les había explicado a los autores en el apartado 12.5 no se podrían tener faltantes. También vale la pena aclarar que estas existencias están calculadas para satisfacer cualquier evento, un nivel del 95% permite satisfacer los eventos más probables, por otro lado, el 5% restante es la combinación de eventos poco probables, como

⁷² Anexo CD, Archivo: Demanda posible, nivel de servicio.xlsm

que se tenga un consumo máximo de ese medicamento durante 5 semanas, y que el tiempo de espera sea este mismo. Aun así, se realiza un contraste del 95% versus el 99% para ver en cuanto se elevan los costos. Este análisis se desarrolla más adelante.

Tabla 15-12 Existencias de seguridad vs nivel de servicio⁷³

Medicamento	Informacion		Existencias de seguridad, para nivel de servicio					
	Promedio	Desviacion	75%	90%	95%	99%	99,3%	Max*5
ACETAMINOFEN 500 MG TAB	1448	656	170	2528	4177	6772	12430	13130
ACETAMINOFÉN JARABE 150 MG/5 ML FCO X 60 ML	176	100	20	307	536	936	1508	1618
ACETATO DE MEDROXIPROGESTERONA 150 MG AMP	16	14	12	36	57	110	257	272
ACIDO ACETIL SALICILICO 100 MG TAB	71	30	7	125	214	351	603	628
ACIDO ASCORBICO 500 MG TAB	39	37	0	83	136	266	621	666
ACIDO FOLICO 1 MG TAB	15	15	20	36	55	107	275	290
AGUA ESTERIL 500 ML	19	12	7	34	62	110	222	232
ALBENDAZOL 20 ML SUSPENSIÓN	4	3	3	10	16	29	56	56
AMITRIPTILINA 25 MG TAB	9	11	25	32	40	92	227	237
AMLODIPINO 5 MG TAB	33	23	28	61	107	210	448	433
AMOXICILINA 250 MG5 ML SUSPENSIÓN FCO X 60 ML	3	2	2	7	11	20	39	39
AMPICILINA 1 G AMP	49	38	29	98	165	304	647	697
BECLOMETASONA DIPROPINATO AEROSOL 50 MCG	15	8	5	26	44	78	141	146
BETAMETASONA 4 MG AMP	15	9	7	30	51	87	165	170

⁷³ Anexo CD, Archivo: Punto de reorden, nivel de servicio

16 DISEÑO DE LA POLITICA DE INVENTARIO

Como se vio en el apartado 10.4 se podrían aplicar dos tipos de sistemas de inventario, el sistema Q, en el que la revisión se realizaría de manera continua para cada medicamento, y el sistema P, en el que la revisión se realizaría de manera periódica. En conversaciones con el personal de farmacia se opta por el uso del sistema de revisión continua, debido a que actualmente se revisan todos los medicamentos semanalmente, lo que les permitiría seguir usando este método.

Para la determinación de la política de inventario se usará para todos los medicamentos la siguiente información:

- Consumo promedio del medicamento
- Costo por pedido
- Costo por mantener en inventario
- Existencias de seguridad
- Inventario en transito

16.1 Cantidad optima de pedido

Posteriormente se calcula la cantidad optima de pedido para cada medicamento, aplicando la formula descrita por Chopra and Meindl (2008, p. 265)

$$\text{Tamaño óptimo del lote, } Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{hC}}$$

Donde Q representa la cantidad optima donde se disminuyen los costos de pedir y de mantener. D es el valor promedio de la demanda, S representa el costo por pedido, h el porcentaje del costo del producto usado para mantenerlo en inventario, y C el costo por la unidad de producto. Como se observó en el apartado 13.5 el cálculo de los costos se realizó de manera individual, tanto el costo de pedido como el costo de mantenerlo.

Una muestra de las cantidades de pedido optimas que se obtuvieron se evidencian en la Tabla 16-1, se observa que estas cantidades no son las más prácticas, como explica (Chopra & Meindl, 2008)

“Los costos totales de ordenar y mantener inventario son relativamente estables alrededor de la cantidad económica de pedido. A la compañía le conviene más ordenar un tamaño



de lote práctico, cercano a la cantidad económica de pedido, en lugar del valor exacto de la EOQ.”

Por esto mismo la farmacia del hospital decidirá estas cantidades practicas basadas en el EOQ calculado en la Tabla 16-1.

Tabla 16-1 Cantidades económicas de pedido⁷⁴

Costo de pedido.	934,174396			
Costo de mantener.	12% C			
Medicamento	C	h*C	Dprom	Q
ACETAMINOFEN 500 MG TAB	\$ 29,00	\$ 0,07	1448	6358
ACETAMINOFÉN JARABE 150 MG/5 ML FCO X 60 ML	\$ 819,00	\$ 1,89	177	418
ACETATO DE MEDROXIPROGESTERONA 150 MG AMP	\$ 3.565,00	\$ 8,23	17	62
ACIDO ACETIL SALICILICO 100 MG TAB	\$ 13,00	\$ 0,03	72	2118
ACIDO ASCORBICO 500 MG TAB	\$ 147,00	\$ 0,34	40	469
ACIDO FOLICO 1 MG TAB	\$ 19,00	\$ 0,04	16	826
AGUA ESTERIL 500 ML	\$ 1.636,00	\$ 3,78	19	97
ALBENDAZOL 20 ML SUSPENSIÓN	\$ 322,00	\$ 0,74	5	112
AMITRIPTILINA 25 MG TAB	\$ 24,00	\$ 0,06	9	551
AMLODIPINO 5 MG TAB	\$ 76,00	\$ 0,18	34	602
AMOXICILINA 250 MG5 ML SUSPENSIÓN FCO X 60 ML	\$ 1.941,00	\$ 4,48	3	35
AMPICILINA 1 G AMP	\$ 889,00	\$ 2,05	49	211

Fuente: Elaboración propia.

16.2 Tiempos entre pedidos, numero de pedidos, y niveles de inventario

Para finalizar la política se calculan los tiempos promedio entre pedidos y el numero promedio de pedidos al año, y las cantidades de inventario:

Chopra and Meindl (2008) define el tiempo de flujo promedio y el número de pedidos por año de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo de flujo promedio} = \frac{Q^*}{2D}$$

$$\text{Número de pedido por año} = \frac{D}{Q^*} =$$

⁷⁴ Anexo CD, Archivo: Politica.xlsm, Hoja: Política

Shamblin (1986) describe de igual manera el número entre pedidos, e incluye el tiempo esperado entre pedidos

$$\text{Tiempo entre pedidos} = Q / D$$

El nivel de inventario promedio se calculara como lo define Schroeder et al. (2011, p. 374)

$$\text{Inventario promedio} = Q / 2 + ES$$

Se muestra en la Tabla 16-2 una parte de los datos obtenidos:

Tabla 16-2 Políticas de inventario⁷⁵

Medicamento	C	h*C	Dprom	Q	Dprom*Tprom
ACETAMINOFEN 500 MG TAB	\$ 29,00	\$ 0,07	1448	6358	2896
ACETAMINOFÉN JARABE 150 MG/5 ML FCO X 60 ML	\$ 819,00	\$ 1,89	177	418	354
ACETATO DE MEDROXIPROGESTERONA 150 MG AMP	\$ 3.565,00	\$ 8,23	17	62	34
ACIDO ACETIL SALICILICO 100 MG TAB	\$ 13,00	\$ 0,03	72	2118	144
ACIDO ASCORBICO 500 MG TAB	\$ 147,00	\$ 0,34	40	469	80
ACIDO FOLICO 1 MG TAB	\$ 19,00	\$ 0,04	16	826	32
AGUA ESTERIL 500 ML	\$ 1.636,00	\$ 3,78	19	97	38
ALBENDAZOL 20 ML SUSPENSIÓN	\$ 322,00	\$ 0,74	5	112	10
AMITRIPTILINA 25 MG TAB	\$ 24,00	\$ 0,06	9	551	18
AMLODIPINO 5 MG TAB	\$ 76,00	\$ 0,18	34	602	68
AMOXICILINA 250 MG5 ML SUSPENSIÓN FCO X 60 ML	\$ 1.941,00	\$ 4,48	3	35	6
AMPICILINA 1 G AMP	\$ 889,00	\$ 2,05	49	211	98

Medicamento	TEP	NP	TFP	Punto de reorden		ES		IP	
				95%	99%	95%	99%	95%	99%
ACETAMINOFEN 500 MG TAB	4,3909	11,84	2,1955	7072	9667	4176	6771	7355,04	9950
ACETAMINOFÉN JARABE 150 MG/5 ML FCO X 60 ML	2,3633	22,00	1,1816	888	1288	534	934	743,15	1143
ACETATO DE MEDROXIPROGESTERONA 150 MG AMP	3,6550	14,23	1,8275	90	143	56	109	87,07	140
ACIDO ACETIL SALICILICO 100 MG TAB	29,4105	1,77	14,7052	356	493	212	349	1270,78	1408
ACIDO ASCORBICO 500 MG TAB	11,7341	4,43	5,8671	215	345	135	265	369,68	500
ACIDO FOLICO 1 MG TAB	51,6064	1,01	25,8032	85	137	53	105	465,85	518
AGUA ESTERIL 500 ML	5,1035	10,19	2,5518	100	148	62	110	110,48	158
ALBENDAZOL 20 ML SUSPENSIÓN	22,4247	2,32	11,2124	25	38	15	28	71,06	84
AMITRIPTILINA 25 MG TAB	61,2228	0,85	30,6114	58	110	40	92	315,50	368
AMLODIPINO 5 MG TAB	17,7008	2,94	8,8504	174	277	106	209	406,91	510
AMOXICILINA 250 MG5 ML SUSPENSIÓN FCO X 60 ML	11,7914	4,41	5,8957	17	26	11	20	28,69	38
AMPICILINA 1 G AMP	4,3111	12,06	2,1556	263	402	165	304	270,62	410

Fuente: Elaboración propia.

Esta tabla incluye toda la información obtenida en el proyecto.

- El listado de los medicamentos que se trabajaron
- El costo unitario de cada medicamento

⁷⁵ Anexo CD, Archivo: Politica.xlsm, Hoja: Política



- El costo por mantener una unidad de cada medicamento en el inventario
- La demanda promedio de cada medicamento
- El consumo promedio durante el tiempo promedio de abastecimiento
- El tiempo promedio entre pedidos en semanas
- El número esperado de pedidos al año
- El tiempo de flujo promedio de cada medicamento en la farmacia
- El punto de reorden para un nivel de servicio del 95% y del 99%
- Las existencias de seguridad para un nivel de servicio del 95% y 99%
- El inventario promedio para un nivel de servicio del 95% y del 99%

16.3 Definición de las políticas de inventario

Finalmente se describe la política de inventario para los medicamentos de la siguiente manera “Se debe revisar el nivel de inventario de cada medicamento todas las semanas y se deben pedir Q unidades de (Medicamento) cada que su nivel de inventario llegue a (Punto de reorden según nivel de servicio)”. Se debe tener en cuenta que se puede presentar un evento en el que los proveedores no envíen el 100% del pedido la misma semana, sino que lo distribuyan en dos o más, se debe incluir dentro de la política el inventario en tránsito. De manera que elabora una política final:

Política final:

“Revisar el nivel de inventario del medicamento todas las semanas, y cuando este llegue al punto de reorden (según nivel de servicio) se deben pedir la diferencia entre Q unidades, y las unidades pendientes en llegar.”

Ejemplo de política, 95% de nivel de servicio: Para el Acetaminofén 500 mg tableta, se debe revisar el inventario cada semana, y cuando este llegue a 7072 se debe hacer un pedido de 6358 unidades menos las unidades pendientes por llegar.

17 ANALISIS DE COSTOS

17.1 Costo vs nivel de servicio

Se calcula el costo total al año del inventario usando las políticas diseñadas para los niveles de servicio de 95% y 99%. Shamblin (1986, p. 149) distribuye el costo total de inventario como se muestra en la Tabla 17-1:

Tabla 17-1 Formula del costo total de inventario para un medicamento

C1	Costo del producto	Demanda anual* Costo individual
C2	Costo por pedidos	Numero de pedidos*Costo de pedido individual
C3	Costo por almacenamiento	Inventario promedio semanal*52 semanas al año*Costo de mantener individual
CT		Costo total de Inventario para un medicamento

Fuente: Elaboración propia.

Se toma la información obtenida en el apartado 16.2, se calcula la demanda anual, y el costo total de inventario para cada medicamento. Se muestra el costo total obtenido por productos en la Tabla 17-2, el costo total de pedido en la Tabla 17-3 y el costo por mantener en inventario en la Tabla 17-4.

Tabla 17-2 Costo del producto⁷⁶

Medicamento	C	Dprom	Dprom Anual	C1
ACETAMINOFEN 500 MG TAB	\$ 29	1448	75296	\$ 2.183.584
ACETAMINOFÉN JARABE 150 MG/5 ML FCO X 60 ML	\$ 819	177	9204	\$ 7.538.076
ACETATO DE MEDROXIPROGESTERONA 150 MG AMP	\$ 3.565	17	884	\$ 3.151.460
ACIDO ACETIL SALICILICO 100 MG TAB	\$ 13	72	3744	\$ 48.672
ACIDO ASCORBICO 500 MG TAB	\$ 147	40	2080	\$ 305.760
ACIDO FOLICO 1 MG TAB	\$ 19	16	832	\$ 15.808
AGUA ESTERIL 500 ML	\$ 1.636	19	988	\$ 1.616.368
ALBENDAZOL 20 ML SUSPENSIÓN	\$ 322	5	260	\$ 83.720
AMITRIPTILINA 25 MG TAB	\$ 24	9	468	\$ 11.232

Fuente: Elaboración propia.

⁷⁶ Anexo CD, Archivo: Politica.xlsm, Hoja: Costos

Tabla 17-3 Costo por pedidos⁷⁷

Medicamento	NP	C2
ACETAMINOFEN 500 MG TAB	12	\$ 11.063
ACETAMINOFÉN JARABE 150 MG/5 ML FCO X 60 ML	22	\$ 20.555
ACETATO DE MEDROXIPROGESTERONA 150 MG AMP	14	\$ 13.291
ACIDO ACETIL SALICILICO 100 MG TAB	2	\$ 1.652
ACIDO ASCORBICO 500 MG TAB	4	\$ 4.140
ACIDO FOLICO 1 MG TAB	1	\$ 941
AGUA ESTERIL 500 ML	10	\$ 9.518
ALBENDAZOL 20 ML SUSPENSIÓN	2	\$ 2.166
AMITRIPTILINA 25 MG TAB	1	\$ 793

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17-4 Costo total por mantener⁷⁸

Medicamento	h*C	IP		C3	
		95%	99%	95%	99%
ACETAMINOFEN 500 MG TAB	\$ 0,07	7355	9950	\$ 25.596	\$ 34.626,12
ACETAMINOFÉN JARABE 150 MG/5 ML FCO X 60 ML	\$ 1,89	743	1143	\$ 73.037	\$ 112.348,63
ACETATO DE MEDROXIPROGESTERONA 150 MG AMP	\$ 8,23	87	140	\$ 37.247	\$ 59.920,83
ACIDO ACETIL SALICILICO 100 MG TAB	\$ 0,03	1271	1408	\$ 1.982	\$ 2.196,13
ACIDO ASCORBICO 500 MG TAB	\$ 0,34	370	500	\$ 6.521	\$ 8.814,41
ACIDO FOLICO 1 MG TAB	\$ 0,04	466	518	\$ 1.062	\$ 1.180,70
AGUA ESTERIL 500 ML	\$ 3,78	110	158	\$ 21.690	\$ 31.113,51
ALBENDAZOL 20 ML SUSPENSIÓN	\$ 0,74	71	84	\$ 2.746	\$ 3.248,15
AMITRIPTILINA 25 MG TAB	\$ 0,06	316	368	\$ 909	\$ 1.058,41

Fuente: Elaboración propia.

Para la comparación de los dos niveles de servicio seleccionados, se omite el costo total por producto, debido a que será el mismo para los dos niveles, lo que cambia es el costo por mantener una cantidad extra en el inventario. Se calcula la suma de los costos C2 y C3 y se analiza en cuanto varían:

Aunque en algunos medicamentos el aumento del nivel de servicio del 95 al 99 por ciento, solo representa un aumento en el costo de aproximadamente 5%, en otros medicamentos se pueden elevar el costo hasta de aproximadamente 45%. Se calcula el costo total de inventario (sin incluir C1), se suman los costos totales de cada uno de los medicamentos, para ambos niveles de servicio.

⁷⁷ Anexo CD, Archivo: Politica.xlsm, Hoja: Costos

⁷⁸ Anexo CD, Archivo: Politica.xlsm, Hoja: Costos

Se obtiene en la Tabla 17-5 el costo total de inventario (sin incluir C1) para los 99 medicamentos con un nivel de servicio del 95% es de **\$5.708.092**, mientras que el mismo costo con un nivel de servicio del 99% es de **\$8.274.784**, lo que representa un aumento en el costo de casi 45%. Es decir, si la entidad desea aumentar el nivel de servicio en 4 puntos porcentuales, deberá asumir un costo 45% más alto.

Tabla 17-5 Costo total según nivel de servicio⁷⁹

3	4 Medicamento	CT		Variacion
		95%	99%	
5	ACETAMINOFEN 500 MG TAB	\$ 36.659	\$ 45.689,16	24,63%
6	ACETAMINOFÉN JARABE 150 MG/5 ML FCO X 60 ML	\$ 93.592	\$ 132.903,75	42,00%
7	ACETATO DE MEDROXIPROGESTERONA 150 MG AMP	\$ 50.538	\$ 73.211,46	44,86%
8	ACIDO ACETIL SALICILICO 100 MG TAB	\$ 3.634	\$ 3.847,83	5,88%
9	ACIDO ASCORBICO 500 MG TAB	\$ 10.661	\$ 12.954,21	21,51%
10	ACIDO FOLICO 1 MG TAB	\$ 2.003	\$ 2.122,00	5,92%
11	AGUA ESTERIL 500 ML	\$ 31.208	\$ 40.631,81	30,19%
12	ALBENDAZOL 20 ML SUSPENSIÓN	\$ 4.912	\$ 5.414,38	10,23%
101	TRAZADONA 50 MG TAB	\$ 4.594	\$ 5.169,78	12,54%
103	VITAMINA K 10 MG ML AMP	\$ 16.162	\$ 20.234,94	25,20%
104	TOTAL	\$ 5.708.092	\$ 8.274.784	44,97%

Elaboración propia.

17.2 Costo método actual vs costo método propuesto

Antes de finalizar el proyecto se buscó una manera posible de determinar qué tan eficiente es el método calculado en contraste con el método que actualmente se emplea, el inconveniente real para los autores se basaba en la falta de acceso a la información en la entidad, se requería conocer un nivel de inventario promedio para realizar los cálculos, el auxiliar administrativo de la farmacia le expresa a los autores que solo podría obtener un nivel de inventario para un día en específico, de manera se requerirían sacar los datos de todo un año para calcular su promedio, lo que es difícil para la entidad, toma mucho tiempo el proceso. Se decide aceptar la información y se realiza un análisis. La información obtenida se muestra en la Tabla 17-6, incluye la descripción del artículo, sus entradas, salidas y saldo, este último se tomará para la comparación de los métodos.

⁷⁹ Anexo CD, Archivo: Politica.xlsm, Hoja: Costos

Tabla 17-6 Saldo en inventario farmacia⁸⁰

DesArticulo	DesUniConsumo	SaldoAntCant	EntradasCant	SalidasCant	saldocant
2.3 MM CLEAR 23G/4MM/240CC NDLE (CATETE	UNIDAD	2	0	0	2
2.3 MM CONTRAST 23G/4MM/240CM NDLE (CA	UNIDAD	8	0	1	7
AGUJA CYTOCAN # 20 G X 15 MM	UNIDAD	50	0	0	50
AGUJA EPIDURAL # 17 G	UNIDAD	1	0	0	1
AGUJA EPIDURAL CON BISEL # 16 G	UNIDAD	1	0	0	1
AGUJA EPIDURAL CON BISEL # 17 G	UNIDAD	1	0	0	1

Fuente: Base de datos, registro de inventario farmacia

También de la Tabla 13-6 Resumen ordenes de pedido 2017, se consolido una nueva tabla, esta incluye el número de pedidos realizados por medicamento en el año 2017 y la cantidad total pedida, con estos dos datos se pudo obtener una cantidad promedio de pedido por medicamento del año anterior a la realización del proyecto. Se incluyo en esta también el saldo de un día al azar, obtenido de la Tabla 17-6 Saldo en inventario farmacia. Una muestra de esta información se observa en la Tabla 17-7.

Tabla 17-7 Resumen método actual⁸¹

MEDICAMENTO	TOTAL EN INVENTARIO	#PEDIDOS	CANTIDAD PEDIDA	PROMEDIO DE PEDIDO
ACETAMINOFEN 500 MG TAB	10566	6	140000	23333
ACETAMINOFÉN JARABE 150 MG/5 ML FCO X 60 ML	64	5	2300	460
ACIDO ACETIL SALICILICO 100 MG TAB	4855	1	1200	1200
ACIDO ASCORBICO 500 MG TAB	1315	3	1600	533
ACIDO FOLICO 1 MG TAB	713	4	1700	425
AGUA ESTERIL 500 ML	24	6	1800	300
ALBENDAZOL 20 ML SUSPENSIÓN	37	1	240	240
AMITRIPTILINA 25 MG TAB	691	3	1000	333

Fuente: Elaboración propia.

⁸⁰ Anexo CD, Archivo: Manejo actual del inventario.xlsm, Hoja: Resumen

⁸¹ Anexo CD, Archivo: Manejo actual del inventario.xlsm, Hoja: Resumen

Tabla 17-8 Resumen método propuesto⁸²

Medicamento	Dprom	Inventario Promedio		NP	Q
		95%	99%		
ACETAMINOFEN 500 MG TAB	1448	7355	9950	12	6358
ACETAMINOFÉN JARABE 150 MG/5 ML FCO X 60 ML	177	743	1143	22	418
ACIDO ACETIL SALICILICO 100 MG TAB	72	1271	1408	2	2118
ACIDO ASCORBICO 500 MG TAB	40	370	500	4	469
ACIDO FOLICO 1 MG TAB	16	466	518	1	826
AGUA ESTERIL 500 ML	19	110	158	10	97
ALBENDAZOL 20 ML SUSPENSIÓN	5	71	84	2	112
AMITRIPTILINA 25 MG TAB	9	316	368	1	551

Fuente: Elaboración propia.

Se comparan los valores del inventario promedio en el método propuesto con el total de inventario de un día al azar, aunque algunos de ellos están por debajo del total otros están muy por encima, el problema real de este análisis es que no se incluyeron los medicamentos que venían en tránsito, por lo que no es preciso sacar conclusiones de esto. Por otra parte, si es posible comparar la cantidad promedio por pedido del 2017 con la cantidad económica de pedido obtenida en el presente proyecto, igualmente el número de pedidos realizados en el 2017 y el propuesto en la política actual, se observa como el número de pedidos se eleva considerablemente, pero la cantidad de pedido disminuye en igual manera, finalmente se calculan los costos totales para ambos métodos y se realiza una comparación.

Tabla 17-9 Costos método actual⁸³

Costo de pedido.	\$ 934,17					
Costo de mantener.	12%					
MEDICAMENTO	C1	C3	TOTAL EN INVENTARIO	#PEDIDOS	C2	C3
ACETAMINOFEN 500 MG TAB	\$ 29,00	\$ 0,07	10566	6	\$ 5.605,05	\$ 36.769,68
ACETAMINOFÉN JARABE 150 MG/5 ML FCO X 60 ML	\$ 819,00	\$ 1,89	64	5	\$ 4.670,87	\$ 6.289,92
ACIDO ACETIL SALICILICO 100 MG TAB	\$ 13,00	\$ 0,03	4855	1	\$ 934,17	\$ 7.573,80
ACIDO ASCORBICO 500 MG TAB	\$ 147,00	\$ 0,34	1315	3	\$ 2.802,52	\$ 23.196,60
ACIDO FOLICO 1 MG TAB	\$ 19,00	\$ 0,04	713	4	\$ 3.736,70	\$ 1.625,64
AGUA ESTERIL 500 ML	\$ 1.636,00	\$ 3,78	24	6	\$ 5.605,05	\$ 4.711,68
ALBENDAZOL 20 ML SUSPENSIÓN	\$ 322,00	\$ 0,74	37	1	\$ 934,17	\$ 1.429,68
AMITRIPTILINA 25 MG TAB	\$ 24,00	\$ 0,06	691	3	\$ 2.802,52	\$ 1.990,08

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera que el apartado 17.1, se calculan los costos para el método actual. Se decide para la comparación calcular solo el C2 y el C3, costos de ordenar, y costos de mantener. Se muestran

⁸² Anexo CD, Archivo: Politica.xlsm, Hoja: Costos

⁸³ Anexo CD, Archivo: Manejo actual del inventario.xlsm, Hoja: Costos

los resultados del cálculo en la Tabla 17-10. Se tomaron estos resultados y se compararon con los resultados obtenidos en la Tabla 17-5 para ambos niveles de servicio.

Tabla 17-10 Comparación costos, método propuesto vs método actual⁸⁴

Nivel de servicio	Metodo Actual	Politica propuesta		Comportamiento	Variacion	
	Desconocido	95%	99%		95%	99%
C2	\$ 421.312,65	\$ 1.095.683,24	\$ 1.095.683,24	Aumenta	160%	160%
C3	\$ 12.640.500,36	\$ 4.612.408,88	\$ 7.179.101,24	Disminuye	64%	43%
CT	\$ 13.061.813,01	\$ 5.708.092,12	\$ 8.274.784,48	Disminuye	56%	37%

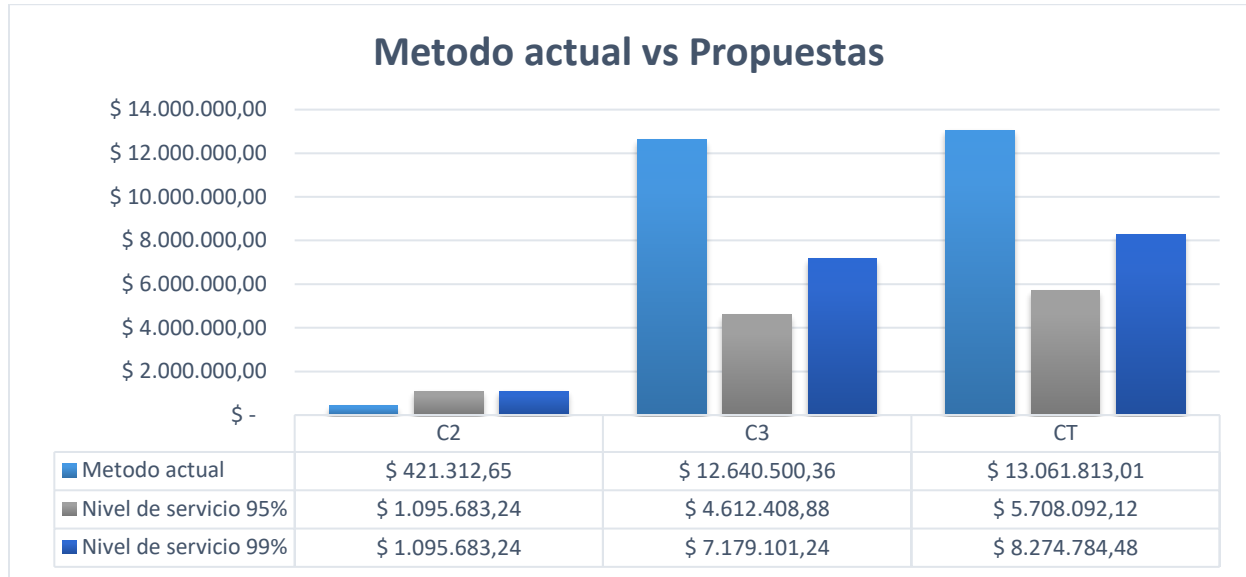
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se obtiene que los costos de pedido aumentarían en un 62% para cualquiera de los dos niveles de servicio, mientras que el costo por mantener inventario, mucho más alto que el de pedir, disminuye hasta un 64% en un nivel de servicio del 95% y un 43% en un nivel de servicio del 99%. Teniendo en cuenta el alto aumento en el costo de pedir, se evidencia que el costo total del inventario se logra reducir hasta en un 56% para un nivel de servicio del 95% y un 37% para un nivel de servicio del 99%. Se debe aclarar que al usar el inventario de un periodo al azar del año existe la probabilidad de que en este recién hayan llegado los pedidos, o por el contrario recién se realizaron, y esta podría ser una razón por la cual la disminución de los costos llegue a ser tan elevada.

En la Ilustración 17-1 se observa la comparación de cada uno de los costos, contrastando el método actual contra los métodos propuestos, se evidencia en los tres métodos como el costo de mantener en inventario es notablemente más alto que el costo de pedir, una disminución en este provoca que el costo total se disminuya, en la Ilustración 17-2 se muestra cómo se distribuyen los costos de los diferentes métodos. Se ve como actualmente el mayor costo relacionado al inventario se ve provocado por la cantidad tan alta de existencias que se tienen en la entidad, las propuestas aumentan la cantidad de pedidos al año, junto a su costo, con el propósito

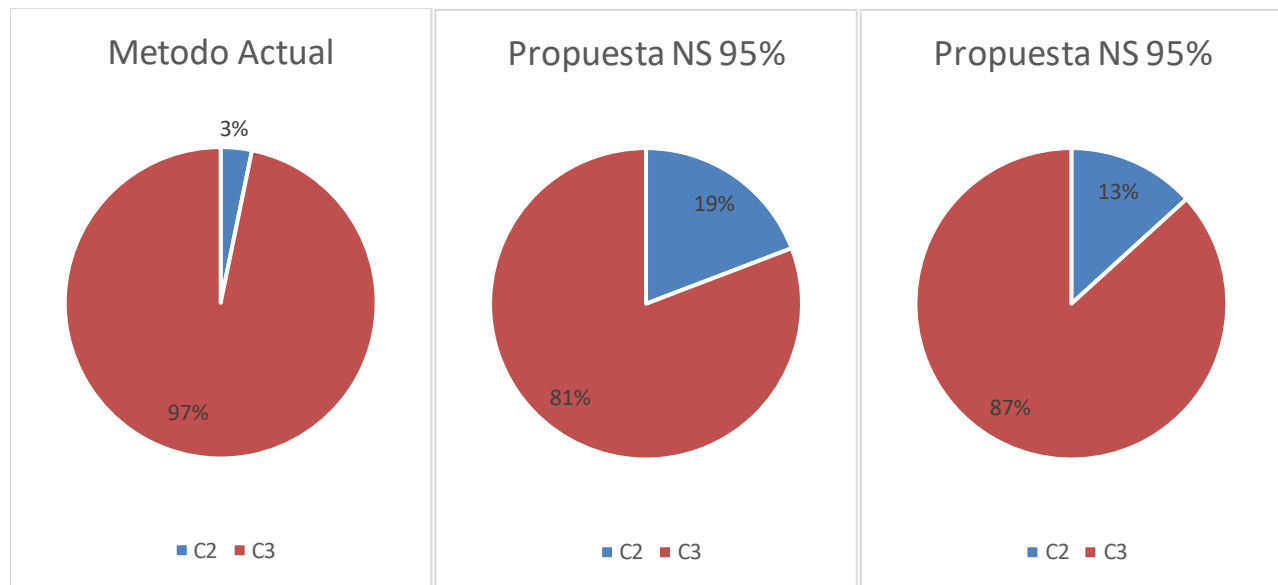
⁸⁴ Anexo CD, Archivo: Manejo actual del inventario.xlsm, Hoja: Comparación Costos

Ilustración 17-1 Comparación método actual vs métodos propuestos



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 17-2 Distribución de los costos en los diferentes métodos



Distribucion del costo total

Fuente: Elaboración propia



18 CONCLUSIONES

- Actualmente la institución utiliza métodos cualitativos en donde predomina el juicio, la intuición y las técnicas de comparación, con un criterio personal, para generar estimados cuantitativos sobre la demanda futura. Por lo que la entidad suele ordenar cantidades excesivas con el fin de disminuir la incertidumbre y obtener un nivel de servicio deseado, lo que genera un capital ocioso en el inventario y la pérdida de oportunidad de realizar diferentes inversiones.
- El comportamiento de la demanda de los medicamentos presenta un grado de aleatoriedad significativo y patrones de tendencia y estacionalidad inestables, lo cual junto a los sistemas de información actuales dificultan la utilización de técnicas de pronósticos. Si estas desean aplicarse la entidad deberá independizar el registro de los consumos de los medicamentos y material médico quirúrgico y optimizar el proceso de registro, para obtener el historial de consumos actualizándose en tiempo real.
- Se determina que el sistema de inventario más adecuado a las características y necesidades de la entidad es uno en la que la revisión sea continua. Una revisión periódica no podría responder a cambios abruptos de la demanda sin incurrir en un costo excesivo por mantener en inventario los medicamentos. Además, actualmente la entidad lo desarrolla de esa misma manera, el diseño de la política le permite disminuir el uso de la intuición, dándole la oportunidad de tomar decisiones basadas en cifras concretas.
- Al realizar un análisis comparativo de los costos se evidencia que la política propuesta genera un aumento en el costo de pedido al incrementar el número de ordenes de pedido por año, sin embargo, al realizarse más pedidos se tendrá una reducción en el nivel de inventario, y con este, una reducción en el costo de mantener, que es significativamente mayor al de ordenar, por lo mismo se reduce el costo total del inventario.
- Se determinaron las políticas de inventarios basadas en el nivel del servicio, una comparación de los niveles de servicio de 95, y 99% muestra como el aumento en 4 puntos porcentuales representa un aumento de casi el 45% en el costo que debe asumir la entidad. Si el modelo propuesto se decide implantar, será responsabilidad de las directivas el tomar esta decisión.



19 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la entidad la revisión de su sistema de indicadores, se debe verificar que estos le permitan evaluar tanto su nivel de servicio, como el de sus proveedores. Indicadores tales como eficiencia, tiempo de espera, calidad, entre otros. Se debe verificar si se registra la información que se requiere, como el tiempo que tarda un proveedor en completar un pedido. Esto le permitiría autoevaluarse y evaluar a sus proveedores.
- Durante el estudio de las series de tiempo se hallaron datos atípicos, la entidad no tiene un registro específico de sus causas, se recomienda tomar anotaciones cuando se presenten consumos fuera de lo esperado, y así poder contribuir a futuras investigaciones. Igualmente se observó que existían puntos de cambio donde el consumo variaba y conservaba esta variación a lo largo del tiempo, también sería prudente observar cuáles son sus causas.
- Se recomienda a la entidad que se capacite un miembro del equipo de trabajo en el área encargada en el control del inventario de la farmacia, o que se incluya un profesional que pueda brindar apoyo en la planeación y optimización de sus recursos.
- El desarrollo del presente proyecto uso los datos históricos de los 6 años anteriores a la realización del mismo, es acertado incluir los registros de los años siguientes, se recomienda actualizar el estudio anualmente para ajustar las políticas de inventario a los cambios potenciales que se presenten en el ambiente para el cual se desarrollan.

20 BIBLIOGRAFIA

- Ballou, R. H. (2004). *Logística, Administración de la cadena de suministro* (5 ed.). México: Pearson Educación.
- Chase, R. B., & Jacobs, F. R. (2014). *Administración de operaciones, Producción y cadena de suministros* (13 ed.). México: McGRAW HILL.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro, Estrategia, Planeación y Operación* (3 ed.). México: Pearson Educación.
- Gaither, N., & Frazier, G. (2000). *Administración de producción y operaciones* (8 ed.): McGRAW HILL.
- Goldratt, E. M. (1994). *El síndrome del pajar*: Ediciones Diaz de Santos.
- Hanke, J. E., & Reitsch, A. G. (1996). *Pronósticos en los negocios* (5 ed.). México: Prentice-Hall.
- Heizer, J., & Render, B. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones, decisiones estratégicas* (8 ed.). España: Pearson Educación.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones* (9 ed.). México: McGRAW HILL.
- Ipinza, F. D. A. (2004). *Administración y dirección de la producción* (2 ed.). México: Pearson Educación.
- Johnson, P. F., Leenders, M. R., & Flynn, A. E. (2012). *Administración de compras y abastecimientos* (14 ed.). México McGRAW HILL.
- Johnson, R. A.-. (2012). *Probabilidad y estadística para ingenieros*. (P. EDUCACIÓN Ed. 8 ed.). México.
- Krajewski, L. j., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2008). *Administración de operaciones, Procesos y cadenas de valor* (8 ed.). México: Pearson Educación.
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones* (5 ed.). México: McGRAW HILL.

Nuñez, A., Guitarts, L., & Barraza, X. (2014). *Dirección de operaciones Decisiones tácticas y estratégicas* (Uoc Ed.).

Pedrosa, I., Juarros-Basterretxea, J., Robles-Fernández, A., Basteiro, J., & García-Cueto, E. (2015). *Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿qué estadístico utilizar?* *Universitas Psychologica*. doi: <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.upsy13-5.pbad>

Razo, C. M. (2011). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis* (2 ed.). México: PEARSON EDUCACIÓN.

Sabino, C. (1992). *El proceso de la investigación*. Colombia: Editorial Panamericana.

Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed.). México: MCGRAW-HILL.

Schroeder, R. G., Goldstein, S. M., & Rungtusanatham, M. J. (2011). *Administración de operaciones, Conceptos y casos contemporáneos* (5 ed.). México: MCGRAW HILL.

Shamblin, J. E. (1986). *Investigación de operaciones: un enfoque fundamental* (McGraw-Hill Ed.).

Silver, E., Pyke, D., & Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and scheduling* (3 ed.): John Wiley & Sons.

Sipper, D., & Bulfin, R. L. (1998). *Planeación y control de la producción* (1 ed.). México: MCGRAW HILL.

Triola, M. F. (2013). *Estadística* (P. EDUCACIÓN Ed. 11 ed.). Mexico.

Vidal, C. J. (2005). *Fundamentos de gestión de inventarios* (3 ed.). Colombia: Universidad del Valle.

21 ANEXOS

21.1 Listado de medicamentos a trabajar

Numero	Medicamento
1	ACETAMINOFEN 500 MG TAB
2	ACETAMINOFÉN JARABE 150 MG/5 ML FCO X 60 ML
3	ACETATO DE MEDROXIPROGESTERONA 150 MG AMP
4	ACIDO ACETIL SALICILICO 100 MG TAB
5	ACIDO ASCORBICO 500 MG TAB
6	ACIDO FOLICO 1 MG TAB
7	AGUA ESTERIL 500 ML
8	ALBENDAZOL 20 ML SUSPENSIÓN
9	AMITRIPTILINA 25 MG TAB
10	AMLODIPINO 5 MG TAB
11	AMOXICILINA 250 MG5 ML SUSPENSIÓN FCO X 60 ML
12	AMPICILINA 1 G AMP
13	BECLOMETASONA DIPROPINATO AEROSOL 50 MCG
14	BETAMETASONA 4 MG AMP
15	BISACODILO 5 MG TAB
16	BROMURO DE IPRATROPIO AEROSOL 20 MCG
17	CAPTOPRIL 25 MG TAB
18	CAPTOPRIL 50 MG TAB
19	CEFALEXINA 500 MG CAP
20	CEFALOTINA 1 G AMP
21	CEFRADINA 1 G AMP
22	CEFTRIAXONA 1 G AMP
23	CIPROFLOXACINA 100 MG10 ML AMP
24	CIPROFLOXACINA 500 MG TAB
25	CLARITROMICINA 500 MG AMP
26	CLINDAMICINA 600 MG4 ML AMP
27	CLONIDINA 0.150 MG TAB
28	CLOPIDROGEL 75 MG TAB
29	CLORURO DE POTASIO 10 ML AMP
30	CLORURO DE SODIO 10 ML AMP
31	DEXAMETASONA 4 MG/ML AMP
32	DEXTROSA AL 10% EN AGUA DESTILADA 500 ML
33	DEXTROSA AL 5% EN AGUA DESTILADA 500 ML
34	DEXTROSA AL 5% SOLUCIÓN SALINA 500 ML
35	DIAZEPAM 10 MG/2 ML AMP
36	DICLOFENACO 50 MG TAB
37	DICLOFENACO 75 MG/3 ML AMP
38	DIMENHIDRINATO 50 MG TAB



- 39 DINITRATO DE ISOSORBIDE 5 MG TAB
- 40 DIPIRONA 1 G AMP
- 41 DIPIRONA MAGNÉSICA 2 G/5 ML AMP
- 42 DOPAMINA 200 MG/ 5 ML AMP
- 43 ENALAPRIL 20 MG TAB
- 44 ENALAPRIL 5 MG TAB
- 45 ENEMA TRAVAD X 133 ML
- 46 ENOXAPARINA SÓDICA 20 MG AMP
- 47 ENOXAPARINA SÓDICA 40 MG AMP
- 48 ENOXAPARINA SÓDICA 60 MG AMP
- 49 ESPIRONOLACTONA 25 MG TAB
- 50 FENTANILO CITRATO 0.5 MG10 ML AMP
- 51 FLUCONAZOL 200 MG TAB
- 52 FLUOXETINA 20 MG TAB
- 53 FUROSEMIDA 20 MG 2 ML AMP
- 54 FUROSEMIDA 40 MG TAB
- 55 GENTAMICINA 20 MG2 ML AMP
- 56 GENTAMICINA 80 MG 2 ML AMP
- 57 GLUCONATO DE CALCIO 10% AMP
- 58 HIDROCLOROTIAZIDA 25 MG TAB
- 59 HIDROCORTISONA 100 MG AMP
- 60 HIDROXICINA HCl 100 MG AMP
- 61 IBUPROFENO 400 MG TAB
- 62 INSULINA CRISTALINA 100 AMP
- 63 LACTATO DE RINGER 500 ML
- 64 LORATADINA 10 MG TAB
- 65 LOSARTAN 50 MG TAB
- 66 LOVASTATINA 20 MG TAB
- 67 MEPERIDINA CLORHIDRATO 100 MG/2 ML AMP
- 68 METFORMINA 850 MG TAB
- 69 METILPREDNISOLONA 500 MG AMP
- 70 METOCLOPRAMIDA CLORHIDRATO 10 MG AMP
- 71 METOPROLOL 50 MG TAB
- 72 METRONIDAZOL 500 MG TAB
- 73 MIDAZOLAN 15 MG3 ML AMP
- 74 MISOPROSTOL 200 MCG TAB
- 75 MORFINA CLORHIDRATO 10 MGML AMP
- 76 NAPROXENO 250 MG TAB
- 77 N-BUTIL BROMURO DE HIOSCINA + DIPIRONA 20 MG + 2.5 G/5 ML AMP
- 78 N-BUTIL BROMURO HIOSCINA 20 MG AMP
- 79 NIFEDIPINO 30 MG TAB
- 80 OMEPRAZOL 20 MG CAP
- 81 OMEPRAZOL 40 MG AMP



- 82 OXACILINA 1 G AMP
- 83 PENICILINA G BENZATÍNICA 1.200.000 U.I. AMP
- 84 PENICILINA G BENZATÍNICA 2.400.000 UI AMP
- 85 PREDNISOLONA 5 MG TAB
- 86 PROPOFOL 1% AMP
- 87 RANITIDINA 150 MG TAB
- 88 RANITIDINA 50 MG2 ML AMP
- 89 SALBUTAMOL INHALADOR 100 MCG
- 90 SULFATO DE MAGNESIO 20 % AMP
- 91 SULFATO FERROSO 300 MG TAB
- 92 TEOFILINA 300 MG TAB
- 93 TIAMINA 100 MG AMP
- 94 TOXOIDE TETANICO 0.5 ML AMP
- 95 TRAMADOL 50 MG1 ML AMP
- 96 TRAMADOL CHORHIDRATO 100 MG 2 ML AMP
- 97 TRAZADONA 50 MG TAB
- 98 VANCOMICINA 500 MG AMP
- 99 VITAMINA K 10 MG ML AMP

21.2 Orden de pedido

Tabla 21-1 Muestra orden de pedido



Hospital Regional de Sogamoso
Empresa Social del Estado
Nit. 891855039-9
Servicio farmacéutico



SOGAMOSO, 05 DE JULIO DEL 2017

SEÑORES:
COOSBOY

ASUNTO: Pedido No. 08

La presente tiene por objeto hacer la solicitud formal de los siguientes medicamentos y material medico quirurgico

DESCRIPCION	PRESENTACION	MARCA COTIZADA	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL	LLEGO	
ACETAMINOFEN 500mg	TABLETA	LAPROFF	\$ 29	50000	\$ 1.450.000	16800	33,60%
ACICLOVIR 200mg	TABLETA	GENFAR	\$ 76	200	\$ 15.200	200	100,00%
ALTEPLASE 50 MG	AMPOLLA	BOEHRINGER	\$ 1.292.600	6	\$ 7.755.600		0,00%
CARVEDILOL 6.25 MG	TABLETA	LASANTE	\$ 53	300	\$ 15.900	300	100,00%
DEXTROSA AL 10% EN AGUA DESTILADA	BOLSA X 500C.C	BAXTER	\$ 1.636	400	\$ 654.400	120	30,00%
LEVETIRACETAM 500 mg/5ml	FRASCO	GENFAR	\$ 92.138	2	\$ 184.276		0,00%
LOSARTAN 50 MG	TABLETA	GENFAR	\$ 23	600	\$ 13.800	600	100,00%
MEDROXIPROGESTERONA 150 MG	AMPOLLA	LAFRANCOL	\$ 3.734	480	\$ 1.792.320	480	100,00%
OXIMETAZOLINA 0.25 MG	GOTAS NASALE	TECNOQUIMICA	\$ 1.135	48	\$ 54.480		0,00%
SUERO ANTIOFIDICO LIOFILIZAD	AMPOLLA	DELTA	\$ 194.805	10	\$ 1.948.050	10	100,00%
SOLUCION SALINA 0.9%	BOLSA X 100C.C	BAXTER	\$ 1.391	1000	\$ 1.391.000	1000	100,00%
					\$ 15.275.026		

EN EL MOMENTO DEL ENVIO MANDAR LOS MEDICAMENTOS E INSUMOS MEDICO-QUIRURGICOS CON VIDA UTIL SUPERIOR AL 70%
AGRADECEMOS SU VALIOSA COLABORACION

Cordialmente

JAIRO ERNESTO MONTAÑA
Regente de farmacia Administrativo.
HOSPITAL REGIONAL DE SOGAMOSO.
cel 3112758954